



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES

CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

**MONITORAMENTO DA REDE ELÉTRICA POR MEIO DE
APLICAÇÃO WEB E IOT**

Alan Junior Wahlbrinck

Lajeado, julho de 2018

Alan Junior Wahlbrinck

MONITORAMENTO DA REDE ELÉTRICA POR MEIO DE APLICAÇÃO WEB E IOT

Monografia apresentada ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador: Prof. Ms. Alexandre Stürmer Wolf

Lajeado, julho de 2018

Alan Junior Wahlbrinck

MONITORAMENTO DA REDE ELÉTRICA POR MEIO DE APLICAÇÃO WEB E IOT

Este trabalho foi julgado para a obtenção do título de bacharel em Engenharia da Computação do CETEC e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Prof. Alexandre Stümer Wolf, UNIVATES
Mestre pela PUC-Rio – Rio de Janeiro, Brasil.

Prof. Maglan Cristiano Diemer, UNIVATES
Mestre pela Universidade do Vale do Rio dos
Sinos – São Leopoldo, Brasil.

Prof. Pablo Dall'Oglio, UNIVATES
Mestre pela Universidade do Vale do Rio dos
Sinos – São Leopoldo, Brasil.

Lajeado, julho de 2018

RESUMO

Frente ao cenário da necessidade de otimizar ou melhorar a utilização da rede elétrica, sobressai-se sua utilização de forma mais eficiente, buscando monitorar seu uso de forma a perceber possíveis falhas ou problemas na rede elétrica. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação de software e hardware para monitoramento da energia elétrica residencial, bem como, aparelhos individuais. A aplicação permite a integração de dispositivos da *Internet of Things* (IoT), através da coleta de dados na rede elétrica. Para alcançar os objetivos propostos, são utilizadas ferramentas de monitoramento, exploração de bibliotecas, métodos já utilizados pela literatura e profissionais da área. O protótipo desenvolvido utiliza a plataforma de hardware do Arduino UNO conectado à sensores, para por meio de uma aplicação *Web* monitorar os dados obtidos.

Palavras chave: Internet das coisas, rede elétrica, monitoramento.

ABSTRACT

In view of the scenario of the need to optimize or improve the use of the electric grid, its use is more efficient, seeking to monitor its use in order to perceive possible faults or problems in the electric grid. This work presents the development of a software and hardware application for residential electrical energy monitoring, as well as individual devices. The application allows the integration of Internet of Things (IoT) devices, through data collection in the electrical network. To reach the proposed objectives, tools are used for monitoring, exploring libraries, methods already used by the literature and professionals in the area. The prototype developed uses the hardware platform of the Arduino UNO connected to the sensors, through a Web application to monitor the data obtained.

Key words: Internet of things, electrical network, monitoring.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representa o esquema do referencial teórico.	19
Figura 2 - Representa o funcionamento da hidrelétrica.....	21
Figura 3 - Representa o funcionamento da termelétrica.....	22
Figura 4 - Representa o funcionamento de usina nuclear.....	22
Figura 5 - Representa o funcionamento de um sistema de energia solar.	23
Figura 6 - Representa o funcionamento de um cata-vento.	24
Figura 7 - Representa as configurações das linhas de distribuição.	25
Figura 8 - Representa a distribuição de energia aérea convencional.....	26
Figura 9 - Representa a distribuição de energia aérea compacta.....	27
Figura 10 - Representa transformador subterrâneo.	28
Figura 11 - Representa em forma gráfica o consumo residencial.	29
Figura 12 - Representa os setores de maior consumo de energia no Brasil	30
Figura 13 - Representa o efeito de cintilação ao ligar um forno.	31
Figura 14 - Representa o afundamento da tensão.....	32

Figura 15 - Representa uma tensão com ruídos.....	32
Figura 16 - Representando a internet das coisas e alguns dispositivos.	34
Figura 17 - Representa a internet das coisas nas cidades inteligentes.....	35
Figura 18 - Representa o esquema utilizado para monitoramento do chuveiro elétrico.	37
Figura 19 - Representa o nível do JSF e uma visão geral de suas características.	39
Figura 20 - Representa do <i>managed bean</i>	41
Figura 21 - Site da PrimeFaces.....	41
Figura 22 - Representa o gráfico de utilização de componentes para o JSF	43
Figura 23 - Representa o site do Apache Tomcat.....	44
Figura 24 - Representa a arquitetura do uso de JDBC	45
Figura 25 - Representa o Arduino UNO.....	46
Figura 26 - Representa o ambiente de desenvolvimento do IDE do Arduino.	47
Figura 27 - Utilização sensor de corrente não invasivo.....	49
Figura 28 - Estrutura sensor de corrente não invasivo.	49
Figura 29 - Sensor de tensão e suas características.	50
Figura 30 - Pinagem ESP8266 ESP-01.	51
Figura 31 - Representa a topologia do hardware do projeto.....	53
Figura 32 - Representa os principais diagramas do projeto.....	54
Figura 33 - Representa o esquema do modelo proposto.....	55
Figura 34 - Esquema do projeto proposto.	59
Figura 35 - Representa a análise SWOT de forma mais clara.....	60
Figura 36 - Representa a interface da aplicação principal.....	61

Figura 37 - Representa menu de opções aplicação principal.....	61
Figura 38 - Tela dos gráficos.....	62
Figura 39 - Diagrama da aplicação web.	63
Figura 40 - Esquema protótipo.	64
Figura 41 - Portas utilizadas Arduino UNO	66
Figura 42 - Envio dos dados.....	67
Figura 43 - Tabelas banco de dados.	67
Figura 44 - Validação sensor de corrente elétrica	69
Figura 45 - Validação sensor de tensão elétrica	70
Figura 46 - Gráficos em tempo real.....	71
Figura 47 - Gerar relatório geral.....	72
Figura 48 - Gerar relatório por período.	72
Figura 49 - Variação no gráfico.....	73
Figura 50 - Variação no relatório.	73
Figura 51 - Gráfico cenário baixo estável.	74
Figura 52 - Gráfico cenário baixo alteração.	75
Figura 53 - Gráfico cenário intermediário estável.....	76
Figura 54 - Gráfico cenário máximo início.	77
Figura 55 - Gráfico cenário máximo estabilidade	77
Figura 56 - Gráfico cenário máximo normalizando	78
Figura 57 - Limites de tensão companhia.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Representa o crescimento e estimativa de conexões com a internet.	36
Tabela 2 - Representa os gastos com internet das coisas.	36
Tabela 3 - Representa as principais variáveis do IDE Arduino.....	48
Tabela 4 - Comparação trabalhos analisados.	56
Tabela 5 - Custos do protótipo.	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO ₂	Dióxido de Carbono
GPIO	General Purpose Input/Output
GUI	Graphical User Interface
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IDE	Integrated Development Environment
IoT	Internet of Things – Internet das Coisas
JAR	Java Application Resource
JCP	Java Community Process
JDBC	Java Database Connectivity
JSF	JavaServer Faces
MVC	Model-View-Controller
PIB	Produto Interno Bruto
PWR	Pressurized Water Reactor
SQL	Structured Query Language

UI	User Interface
URL	Uniform Resource Locator
WML	Wireless Markup Language
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language
XML	Extensible Markup Language
XUL	XML User Interface

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo geral.....	15
1.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Metodologia.....	16
1.4 Justificativa	17
1.5 Estrutura do trabalho	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Produção de Energia	20
2.1.1 Energia Hidrelétrica.....	20
2.1.2 Energia Termelétrica	21
2.1.3 Energia Nuclear	22
2.1.4 Energia Solar	23
2.1.5 Energia Eólica	23
2.2 Formas de distribuição de energia	24
2.2.1 Distribuição aérea convencional	25
2.2.2 Distribuição aérea compacta	26
2.2.3 Distribuição subterrânea	27
2.2.4 Problemas da distribuição de energia.....	28
2.3 Consumo residencial	29

2.4 Problemas na energia residencial.....	30
2.4.1 Cintilação.....	31
2.4.2 Cunha de Tensão ou Afundamento de Tensão	31
2.4.3 Desequilíbrio de Tensão e Elevação de Tensão	32
2.4.4 Ruído.....	32
2.4.5 Interferência Eletromagnética.....	33
2.4.6 Dimensionamento da rede elétrica residencial	33
2.5 Internet das Coisas – <i>Internet of Things</i> (IoT)	33
 3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS	 38
3.1 Linguagem de programação	38
3.1.1 JSF	39
3.2 PrimeFaces	41
3.3 Apache Tomcat	43
3.4 Banco de dados MySQL.....	44
3.5 NetBeans.....	45
3.6 Arduino.....	46
3.6.1 Ferramenta de desenvolvimento	46
3.6.2 Sensores	48
3.6.2.1 Sensor de corrente	48
3.6.2.2 Sensor de tensão.....	49
3.6.3 Módulo ESP8266	50
 4 TRABALHOS RELACIONADOS	 52
4.1 Sistema Supervisório para Acompanhamento de Consumo de Energia Elétrica.....	52
4.2 Protótipo de um Sistema Inteligente de Monitoramento	53
4.3 Microcontrolador com uma Central de Monitoramento Elétrico	55
4.4 Comparação entre os trabalhos	56
 5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	 58
5.1 Projeto proposto	58
5.1.1 Análise SWOT	59

5.1.2 Aplicação principal.....	60
5.1.3 Aplicação monitoradora	63
5.2 Protótipo	63
5.2.1 Sensor de corrente elétrica.....	64
5.2.2 Sensor de tensão.....	65
5.2.3 Arduino UNO	65
5.2.4 ESP8266.....	66
5.2.5 Servidor e banco de dados	67
5.2.6 Exibição dos resultados	68
5.3 Validação dos dados obtidos.....	68
5.4 Visualização aplicativo <i>web</i>	70
5.5 Relatórios.....	71
5.6 Verificação da variação da rede	72
5.7 Cenário de atuação	74
5.7.1 Cenário baixo	74
5.7.2 Cenário intermediário	75
5.7.3 Cenário máximo.....	76
5.7.4 Cenário Normal	78
5.8 Custos.....	79
5.9 Dificuldades encontradas	80
6 Conclusão	81
REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de monitorar e identificar problemas na rede elétrica de modo facilitado, é um dos requisitos para o bom desenvolvimento da sustentabilidade junto ao consumidor, logo, estas informações podem ser utilizadas como uma ferramenta estratégica, visando, de forma mais interativa, identificar os problemas e buscar um consumo mais consciente.

A energia elétrica tem sua importância como um recurso essencial perante a sociedade. O seu uso de forma eficaz e consciente contribui na redução da emissão de gases estufa que, atualmente, é uma preocupação mundial devido suas consequências no planeta e no aquecimento global.

Para realizar o monitoramento da rede elétrica, pode ser usado os recursos da *Internet of Things* (IoT) que, segundo Lemos e Rodrigues (2014), a IoT aponta para uma ampla conexão dos mais diversos objetos com a Internet, fazendo com que diversos objetos físicos ou virtuais possam sentir o ambiente, trocar informações, realizar informações com outros objetos. Lemos e Rodrigues (2014), também afirmam que, perante ao grande desenvolvimento da tecnologia, atualmente existem mais objetos conectados à Internet do que humanos.

Segundo Jistem (2016), existem diversas definições para IoT, mas na sua maioria é direcionada ao envolvimento com sensores e microchips, que quando conectados à objetos físicos permitem diversas interações, abrindo uma série de aplicações e monitoramentos em diversas áreas.

Segundo Deckmann e Pomilio (2017), o problema de qualidade da energia elétrica é identificado quando o equipamento deixa de funcionar como deveria. Se esse problema não for tratado, pode ocasionar prejuízos ou perturbações físicas as pessoas, gerando um baixo rendimento da máquina e da pessoa. Os autores também afirmam que os custos com a perda da qualidade de energia já passam os U\$ 10 bilhões de dólares. Os custos associados com vários tipos de distúrbios chegariam a 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB). Esses custos tendem aumentar caso não for utilizada técnicas e medidas saneadoras. Utilizar de maneira certa os instrumentos de medição e os locais mais adequados para utilização podem ser fatores determinante para detectar e quantificar o problema. Além disso, as circunstâncias locais também podem interferir diretamente nos sintomas a serem observados, sendo fundamental o conhecimento sobre as condições locais. Os autores afirmam que, por mais que pareça complexo o problema, não quer dizer que a solução não possa ser simples.

Para Vichi e Mansor (2009), a crise do sistema financeiro nacional tem forte influência sobre todos os fatores da sociedade. Com está grande oscilação de valores, grandes companhias têm deixado de investir em novas tecnologias para fontes de energias renováveis, causando assim o acréscimo no valor da tarifa da energia, fazendo com que as empresas e sociedade em geral procurem maneiras de reduzir consumo e, conseqüentemente, o valor da conta de luz.

Perante a situação da sociedade, é preciso buscar constantemente diminuir custos tanto no ramo empresarial, quanto no residencial. Com o monitoramento da energia pode-se perceber possíveis problemas que possam danificar máquinas e objetos, e ao mesmo tempo buscar formas para diminuir de maneira consciente o seu consumo. A sustentabilidade é algo que devemos colocar em evidência nos dias de hoje. Segundo Jacob (2003), a complexidade da transformação de um planeta, não apenas ameaçado, mas sim altamente atingido pelos riscos socioambientais e seus danos, é cada vez mais perceptível. Isso mostra que há necessidade de acesso à informação e a reeducação ambiental, para assim promover o crescimento da consciência ambiental, fazendo com que a sociedade tenha um papel mais propositivo, incentivando a cobrança da sociedade por uma política mais sustentável.

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema web conectado ao hardware para monitoramento do consumo de energia. Para isso serão utilizados a *Internet*

of Things (IoT), com a finalidade de possibilitar ao consumidor monitorar, coletar dados e observar possíveis problemas no seu consumo diário, ou em aparelhos conectados à rede elétrica, buscando a partir de um sistema *web*, permitir gerar gráficos para que o usuário possa identificar os picos de consumos e, posteriormente, procurar meios para implementar formas para economizar energia, para uma diminuição de custo e maior sustentabilidade. O presente projeto tem o intuito de facilitar o monitoramento e identificação do consumo de energia doméstico, através da mobilidade da aplicação *web* interligado a IoT.

1.2 Objetivos específicos

São designados como objetivos específicos:

- Desenvolver um firmware para Arduino com a finalidade de obter dados provenientes de sensores interligados à rede elétrica;
- Desenvolver uma aplicação *Web* para interagir com o usuário e coletar dados provenientes do Arduino;
- Possibilitar a visualização do consumo em tempo real e dados históricos, por meio de gráficos;
- Validar os resultados obtidos pelos sensores;
- Conhecer o comportamento da rede elétrica.

1.3 Metodologia

Inicialmente será realizado um estudo sobre as áreas de conhecimento e áreas afins que compõem a energia elétrica e a *Internet of Things* (IoT), que fomentará junto com o estudo de trabalhos relacionados o embasamento teórico deste trabalho. Em segundo momento, será descrito as ferramentas e hardwares utilizados e suas tecnologias, visando realizar um experimento prático verificando a utilização de todos recursos descritos e suas capacidades. Após o término da experimentação tecnológica, é iniciado o desenvolvimento do protótipo para colocar em prática a ideia proposta no trabalho, permitindo realizar o monitoramento da rede elétrica e a comunicação dos dados com a aplicação *Web*.

1.4 Justificativa

Diante dos grandes investimentos em redução de consumo elétrico, é de grande importância que o consumidor saiba identificar maneiras de minimizar seu consumo. Com o monitoramento do consumo diário e em tempo real fica mais fácil identificar os picos de consumo, identificar problemas em medidores de energia e identificar problemas em equipamentos com gastos exagerados.

Um sistema poderia disponibilizar ao consumidor os valores captados na rede elétrica, buscando nessas informações mudar determinados hábitos de consumo, o que se torna benéfico ao consumidor e ao meio ambiente.

Para o bom desenvolvimento de uma empresa ou residência é preciso reter gastos desnecessários, e com isso precisa-se evitar o desperdício e cuidar para um bom funcionamento de máquinas e eletrodomésticos. Uma forma de suprir essa necessidade seria o monitoramento da rede elétrica, que neste estudo será feito utilizando a *Internet of Things* (IoT), a qual visa a interação de hardwares com a Internet, facilitando seu uso ao usuário. Segundo Deckmann e Pomilio (2017), é de grande importância acompanhar a qualidade da energia, pois a variação dela pode causar inúmeros efeitos negativos para as empresas e residências, em que necessita-se de maneiras de amenizar esses efeitos, para evitar avarias e consumos extremos em aparelhos ou na rede em geral.

Por tratar-se da elaboração de um protótipo e um sistema *web*, o presente estudo também se faz muito útil ao colocar em prática os conhecimentos adquiridos na área de programação e hardware, bem como conceitos de sustentabilidade e viabilidade econômica adquiridos ao longo do curso de engenharia da computação.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho foi disposto em capítulos. O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico do trabalho, com a apresentação do contexto bibliográfico a respeito da Internet das Coisas – *Internet of Things* (IoT) e a produção e distribuição de energia elétrica.

No Capítulo 3 será abordada as ferramentas e hardwares que serão utilizados para o desenvolvimento do projeto, visando identificar suas funções, definições, softwares, plataformas e linguagens de programações utilizadas.

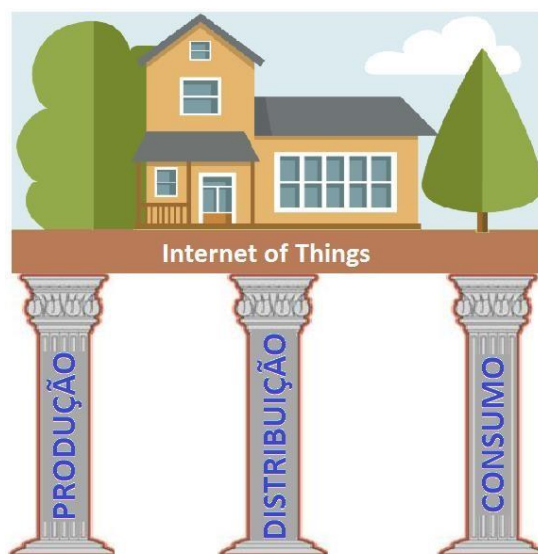
No Capítulo 4 se tem o estudo realizado em cima de trabalhos relacionados ao presente projeto, buscando identificar suas funções, ferramentas e metodologias utilizadas.

No Capítulo 5 será apresentado o desenvolvimento do protótipo proposto neste trabalho, incluindo apresentação da aplicação *web*, e juntamente será apresentado os resultados e discussões do trabalho proposto. E por fim, o Capítulo 6 apresentará as conclusões obtidas nos resultados e no desenvolvimento do presente trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordado o referencial teórico do trabalho, tendo como vista identificar por meio de outros autores os temas relacionados ao presente projeto. Buscando relatar as formas de obtenção e distribuição de energia elétrica, seus possíveis problemas de distribuição e os conceitos e definições de Internet das Coisas – *Internet of Things* (IoT). Será apresentado o processo de produção de energia, distribuição até as residências e o consumo residencial. Estes são os pilares desse referencial teórico, que tem como base a IoT, fazendo com que seja possível o monitoramento da rede elétrica residencial. Na Figura 1 temos a representação do esquema mencionado.

Figura 1 - Representa o esquema do referencial teórico.



Fonte: (Autor, 2018).

2.1 Produção de Energia

De acordo com Silva e Carvalho (2002), a produção de energia em grande escala é algo de preocupação ambiental e de desenvolvimento da sociedade. Para transformar a fonte primária de energia e recursos naturais em energia elétrica, precisa-se passar por algumas etapas de transformação. Uma das etapas é transformar a energia cinética desenvolvida no deslocamento de grandes massas como água ou ar, em energia mecânica. Com a utilização de processos eletromagnéticos obtemos a energia elétrica. Outra transformação seria através de placas fotovoltaicas que recebem diretamente a energia solar transformando-a em energia elétrica e, temos também, a transformação da energia química obtida pela combustão de matérias fósseis ou na fissão de elementos radioativos em energia mecânica, passando pelo processo de eletromagnetismo obtemos a energia elétrica.

Segundo Goldemberg e Lucon (2007), a energia tem uma grande importância para vida humana. Nas sociedades primitivas sua produção era custo quase zero, por ser feita pela queima de lenha. Com o passar dos anos, a necessidade do uso de energia foi aumentando. Devido a esse aumento, foi preciso recorrer a outros meios de produção de energia, utilizando o curso da água, dos ventos, da queima de carvão ou combustíveis fósseis. Os combustíveis fósseis causam o aumento das tarifas, pois seu valor de mercado é bem superior a recursos renováveis de captação de energia.

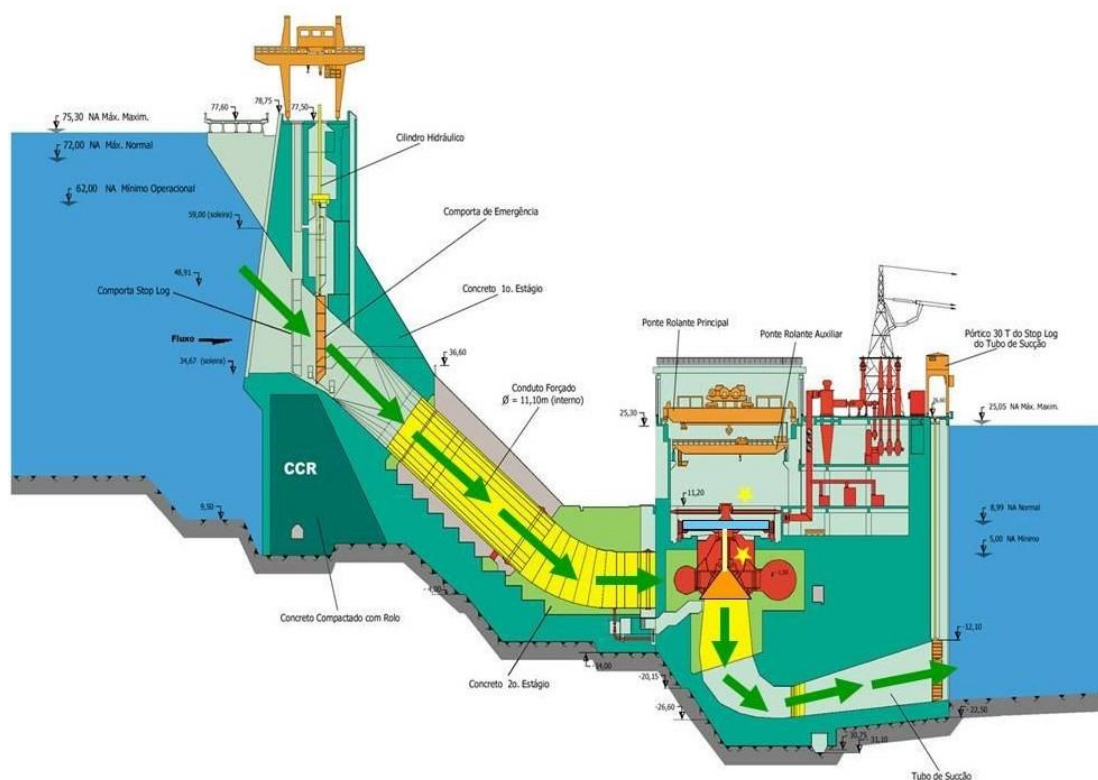
Nas próximas seções serão apresentados os tipos de produção de energia conforme tipos de sua obtenção.

2.1.1 Energia Hidrelétrica

Segundo Silva e Carvalho (2002), a energia hidrelétrica é obtida pela força mecânica gerada pelo deslocamento da água, para obter essa energia é produzido barragens em grandes rios, onde a água passa por grandes tubulações até sair pelo outro lado. Esta fonte de energia está diretamente ligada aos níveis de água do local da represa, pois se os níveis de água estiverem baixos a taxa de produção irá cair de maneira significativa. O Brasil possui características naturais que facilitam esse tipo de energia, porém este recurso pode causar vários problemas para fauna e flora deste local. Antes de identificar esses impactos ambientais, a energia hidrelétrica era considerada uma das formas mais limpas de se obter

energia, algo muito contestável atualmente. Na figura 2 pode-se perceber o funcionamento de uma hidrelétrica na produção de energia elétrica.

Figura 2 - Representa o funcionamento da hidrelétrica.

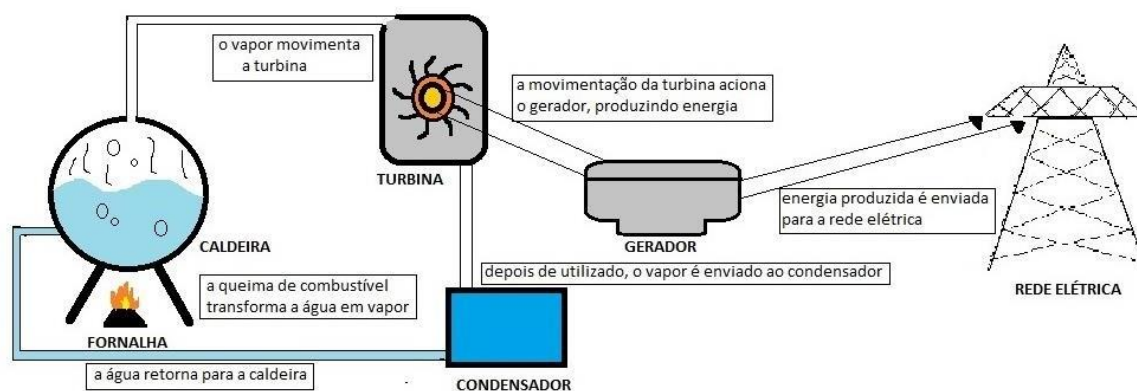


Fonte: Cidade de Tucuruí (2006).

2.1.2 Energia Termelétrica

De acordo com Silva e Carvalho (2002), a energia termelétrica, na maioria das vezes, é obtida pela combustão de combustíveis fósseis, tendo seu custo de produção diretamente ligado ao valor de mercado do petróleo. Nesse processo, obtemos a energia química gerada pelo calor, que é convertida em energia mecânica, que sofre processos eletromagnéticos até se transformar em energia elétrica. Os geradores termelétricos que funcionam através de fontes não renováveis possuem altos níveis de impacto ambiental, devido à alta liberação de Dióxido de Carbono (CO_2) no meio ambiente, desta forma contribuindo para o aquecimento global. É possível utilizar fontes renováveis, como por exemplo, a biomassa obtida pelo bagaço da cana-de-açúcar, que libera quantidades bem baixas de poluentes. Na Figura 3 pode-se perceber o funcionamento de uma usina termelétrica na produção de energia elétrica.

Figura 3 - Representa o funcionamento da termelétrica.

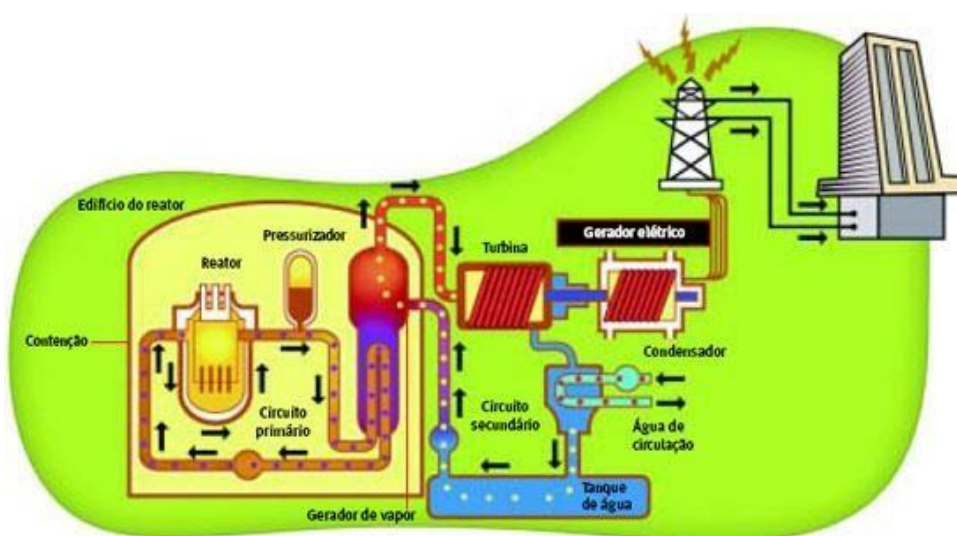


Fonte: Obtido em: <http://caroldaemon.blogspot.com.br/2013/09/como-funciona-uma-termoeletrica.html>.

2.1.3 Energia Nuclear

Segundo Gonçalves e Almeida (2005), a energia nuclear utiliza o calor produzido na fissão para deslocar o vapor de água, que movimenta as turbinas responsáveis pela produção de energia. Para a obtenção de energia precisa-se dos reatores. O reator *Pressurized Water Reactor* (PWR) utiliza água pressurizada, e seu combustível é material nuclear processado que se torna enriquecido em isótopo. O urânio é um dos materiais radioativos mais utilizados. Na Figura 4 pode-se perceber o funcionamento de uma usina nuclear na produção de energia elétrica.

Figura 4 - Representa o funcionamento de usina nuclear.

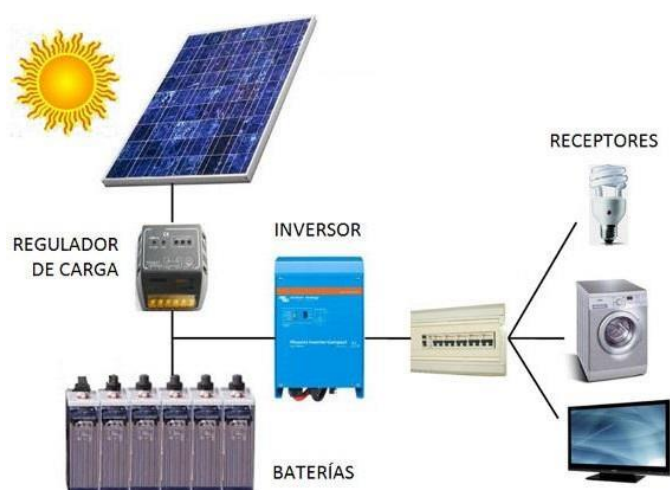


Fonte: Gonçalves e Almeida (2005).

2.1.4 Energia Solar

De acordo com Lavezzo (2016), a energia solar é considerada uma fonte de energia limpa, devido a não poluir o meio ambiente e nunca acabar devido à existência do sol. Para obtenção dessa energia é utilizado painéis solares com células fotovoltaicas, que produzem a energia elétrica através dos raios solares. Esse sistema é muito utilizado em residência, mas ainda possui valores muito elevados, dificultando seu crescimento no mercado. Na Figura 5 pode-se perceber como funciona um sistema de energia solar, na produção de energia elétrica.

Figura 5 - Representa o funcionamento de um sistema de energia solar.

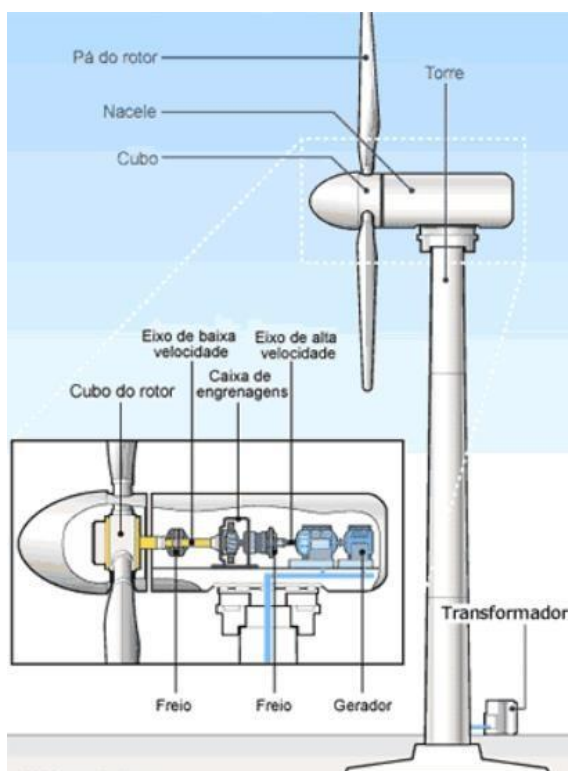


Fonte: Obtido em: <https://www.thinglink.com/scene/876445348048928768>.

2.1.5 Energia Eólica

Segundo Lavezzo (2016), a energia eólica é utilizada desde a antiguidade pelos povos primitivos. Sua obtenção não gera nenhum tipo de degradação no meio ambiente. Para obtenção da energia através do vento, é preciso utilizar grandes turbinas aerogeradores, que possuem o formato de grandes cata-ventos, gerando energia elétrica conforme o movimento das turbinas. Essa forma de energia precisa ser instalada em locais de grande quantidade de vento. Na Figura 6 pode-se perceber o funcionamento de cata-vento na produção de energia elétrica.

Figura 6 - Representa o funcionamento de um cata-vento.

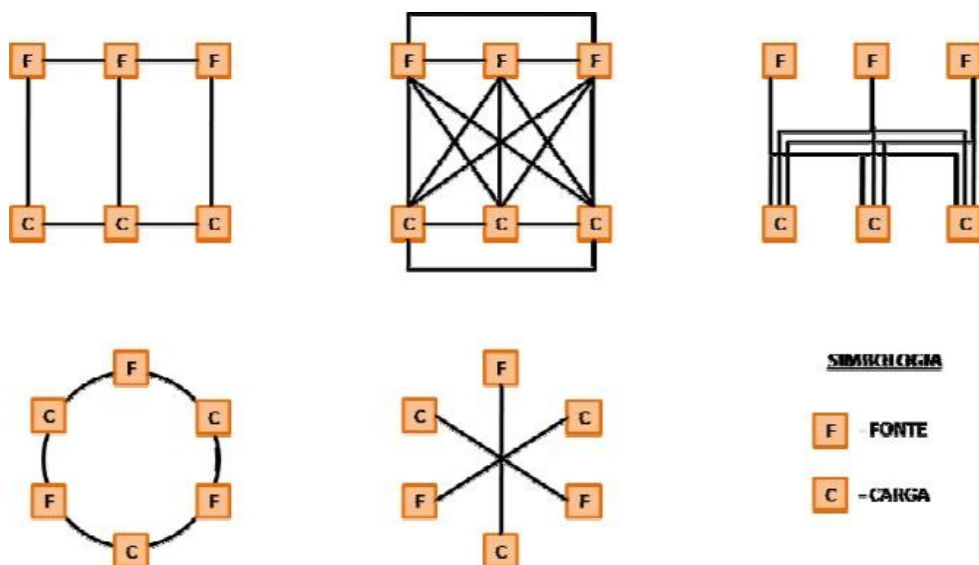


Fonte: Obtido em: <https://poderdosventos.wordpress.com/page/2/>

2.2 Formas de distribuição de energia

De acordo com Azevedo (2010), as redes de distribuição de energia são classificadas pelo critério de uso, pela sua característica ou pelo tipo de condutor utilizado. As linhas de distribuição são definidas por ser uma linha expressa, um ramo direto entre a fonte e um determinado ponto de carga e sem ramificações. Essas linhas geralmente são radiais e permitem várias configurações para linhas de distribuição de energia, como pode-se perceber na Figura 7. Segundo Velasco, Lima e Couto (2006), as três principais formas de distribuição de energia são a rede de distribuição aérea convencional, a aérea compacta e a subterrânea.

Figura 7 - Representa as configurações das linhas de distribuição.

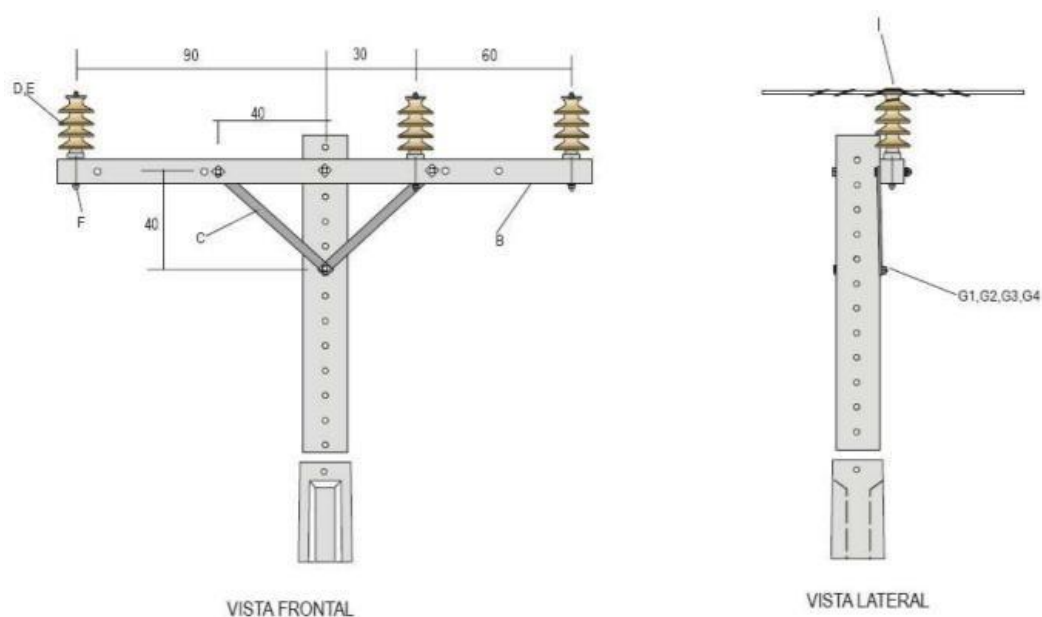


Fonte: Azevedo (2010).

2.2.1 Distribuição aérea convencional

De acordo com Velasco, Lima e Couto (2006), a rede de distribuição aérea convencional é caracterizada pelo uso de postes em formato de um “T”, onde passam condutores nus apoiado em isoladores de vidro ou porcelana. Nesse tipo de rede os cabos de média tensão ficam posicionados na horizontal nas cruzetas de madeira, já os cabos de baixa tensão ficam na vertical. Sua tecnologia é considerada saturada devido ao seu baixo índice de confiabilidade. Conforme a Figura 8, temos a forma de distribuição de energia no modelo aéreo convencional, como os fios ficam expostos.

Figura 8 - Representa a distribuição de energia aérea convencional.

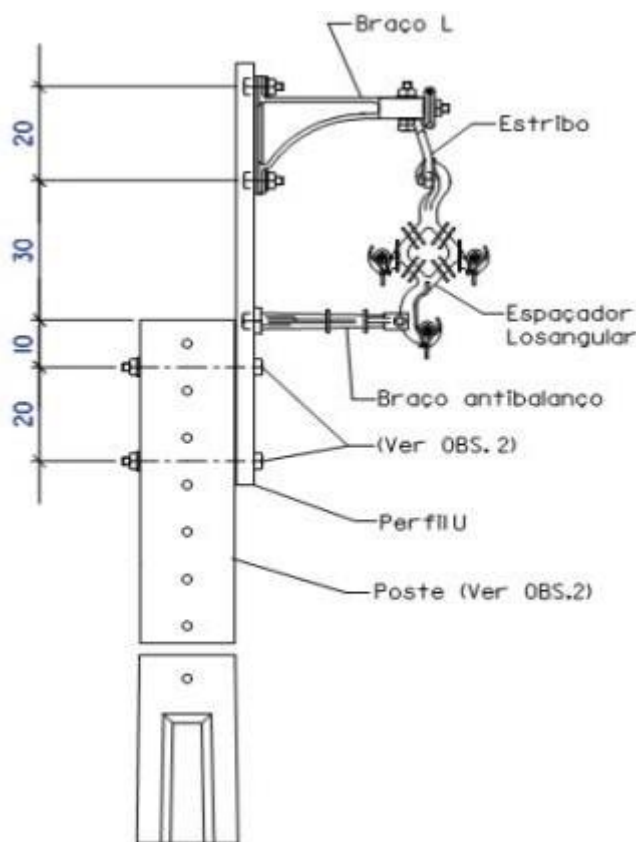


Fonte: Azevedo (2010).

2.2.2 Distribuição aérea compacta

Segundo Velasco, Lima e Couto (2006), a rede de distribuição aérea compacta surgiu com o objetivo de melhorar a qualidade da energia distribuída, sua distribuição é constituída por três cabos condutores cobertos por um material de polietileno, onde ficam sustentados por um cabo de aço neutro que sustenta os espaçadores plásticos que servem para amarrar os condutores e o mensageiro, de forma que fique um intervalo entre cada espaçador até chegar no próximo poste. De acordo com a Figura 9 pode-se perceber o método de distribuição aéreo compacto, que utiliza espaçadores entre os cabos.

Figura 9 - Representa a distribuição de energia aérea compacta.

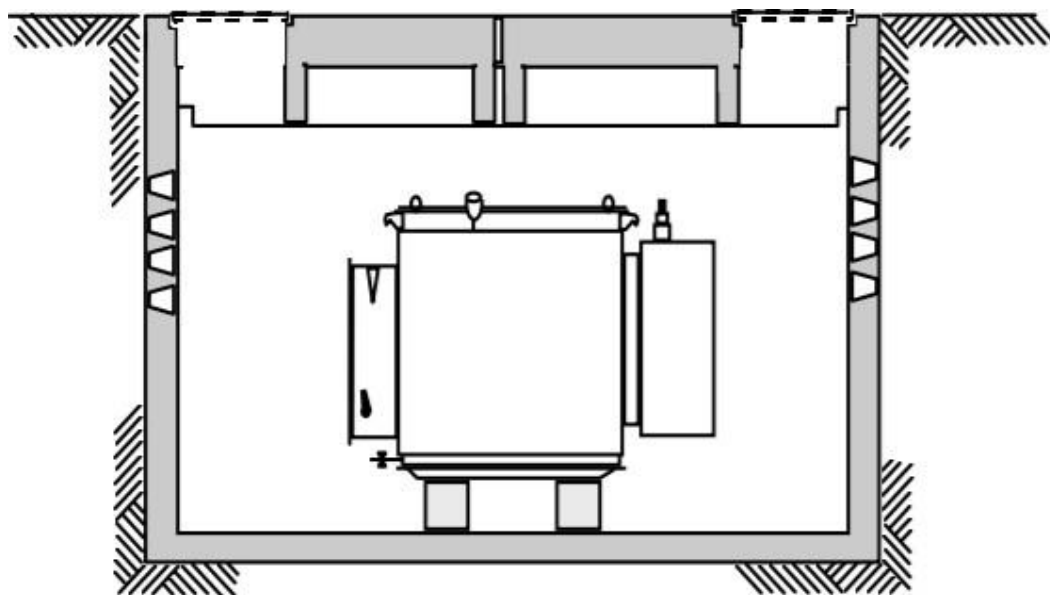


Fonte: Angelis, Marek, Angelis Neto, Ecker, Barros E Eguizelini (2011).

2.2.3 Distribuição subterrânea

Segundo Azevedo (2010), as redes de distribuição subterrâneas são mais complexas que as outras formas de distribuição, e pode ser desenvolvida para diversos tipos de configurações distintas. Essas configurações possuem finalidades e condições de aplicação diferentes dependendo do local e necessidade. A distribuição subterrânea ocorre pelo passamento de cabos de tensão isolados integralmente por tubulação embaixo da terra, mantendo potencial nulo no seu exterior, tendo em vista a conexão com o transformador que se encontra em uma câmara subterrânea como pode-se perceber na Figura 10, para baixar sua tensão e chegar nas residências.

Figura 10 - Representa transformador subterrâneo.



Fonte: Azevedo (2010).

2.2.4 Problemas da distribuição de energia

Segundo Zambon (2006), os problemas identificados na distribuição de energia são vários dependendo do tipo de distribuição utilizado. As falhas que ocorrem num sistema de distribuição de energia são as seguintes:

- Estado normal da operação: refere-se a todas as chaves de distribuição, se encontram em posição normal, sem nenhum tipo de acionamento de proteção;
- Contingência: é quando uma falha não esperada acontece, afetando diretamente a distribuição do sistema;
- Interrupção permanente: quando ocorre uma falha total na distribuição da energia, sendo interrompida por completo em tempo de três ou mais minutos;
- Interrupção temporária: é quando o sistema fica sem fornecimento de energia por tempo inferior a três minutos;
- Falha de curto-circuito permanente: neste caso ocorre um fluxo de corrente de falha, fazendo com que o sistema de proteção da rede seja ativado. Neste caso

precisa que a equipe de manutenção vá até o local retomar o funcionamento correto da distribuição;

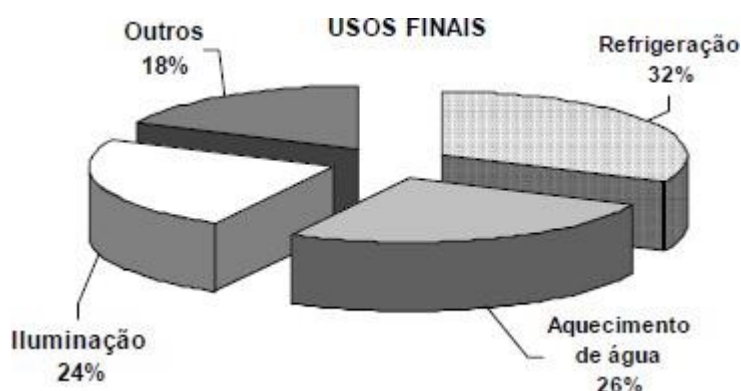
- Falha de curto-circuito temporária: neste caso também temos a corrente de falha, mas ela some quando o circuito é desenergizado.

De acordo com Velasco, Lima e Couto (2006), na rede de distribuição aérea convencional e compacta, a exposição a influências do meio ambiente é muito alta, causando grandes falhas no sistema, pois as árvores podem facilmente obstruir a passagem de energia pelos cabos. As fortes tempestades podem derrubar postes ou fazer com que os cabos se colidem. Já na rede de distribuição subterrânea, o risco de falha provido do meio ambiente é mais baixo, por ser um sistema mais complexo e confiável perante a falhas.

2.3 Consumo residencial

Segundo Achão (2003), o setor residencial tem grande significado no quadro de consumo de energia, pois seu consumo vem aumentando após o a decorrência do Plano Real com a estabilidade da moeda nacional. Este aumento no consumo residencial tem ligação forte com o aumento da renda da população, em que tivemos um incremento grande na aquisição de equipamentos eletrônicos e automatização das residências. O alto consumo da energia elétrica tem sua base em refrigeração, aquecimento de água e iluminação, sendo nas residências os refrigeradores, os ares-condicionados e chuveiros, os maiores consumos de energia. Na Figura 11 é possível perceber onde se encontra os maiores vilões no consumo residencial dividido pelos equipamentos de maior consumo de energia.

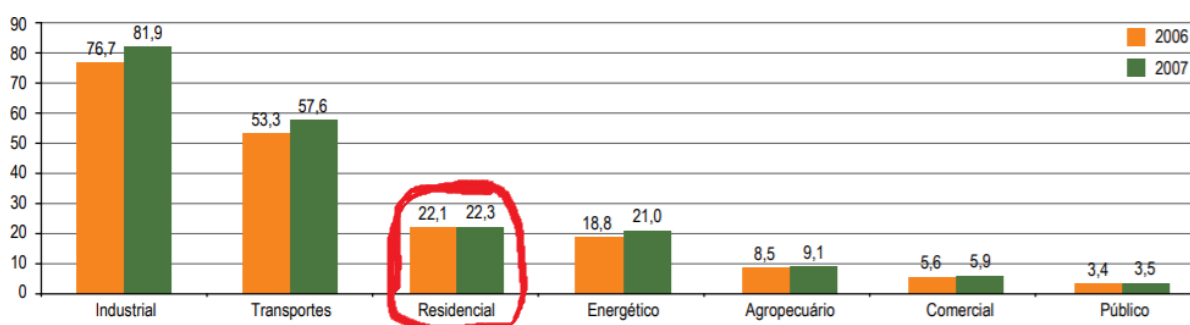
Figura 11 - Representa em forma gráfica o consumo residencial.



De acordo com Toledo (1995), a expansão do setor residencial está diretamente ligada ao crescimento populacional das grandes cidades e das novas construções. Sendo a sua demanda maior nas geladeiras, chuveiros elétricos, lâmpadas incandescentes e ar condicionado, sendo equivalente a 75% do total da eletricidade consumida nas residências.

Segundo ANEEL (2008), o consumo de energia no Brasil não depende apenas do desenvolvimento econômico, mas também do crescimento da população em modo geral. Ao verificar os dados dos setores de maior consumo de energia no Brasil, pode-se perceber que o setor industrial continua sendo o líder em consumo, mas o crescimento do consumo da energia residencial impacta diretamente na questão do crescimento populacional, ainda mais impactante nas grandes cidades. A Figura 12 demonstra os setores de maior consumo de energia no Brasil nos anos de 2007 e 2008.

Figura 12 - Representa os setores de maior consumo de energia no Brasil.



Fonte: ANEEL (2008).

De acordo com Mehl (2012), a poluição na rede elétrica pode ser dada por cargas eletrônicas que acabam distorcendo as ondas de tensão e corrente. Vários aspectos podem comprovar a qualidade da energia elétrica, sendo eles a continuidade do fornecimento de energia, o nível de tensão, a oscilação da tensão, distorções harmônicas de tensão e interferências em sistemas de comunicações.

2.4 Problemas na energia residencial

Segundo Canesin (2004), a qualidade de energia tem sido um conceito de muita importância, tanto em redes industriais quanto residenciais. Estão sendo criadas várias técnicas para a minimização de ruídos eletromagnéticos e filtragens, sendo um grande problema a elevada taxa de baixo fator de potência e distorção harmônica, a qual é um tipo de energia suja de forma continua desenvolvida por acionamentos estáticos, fontes chaveadas ou

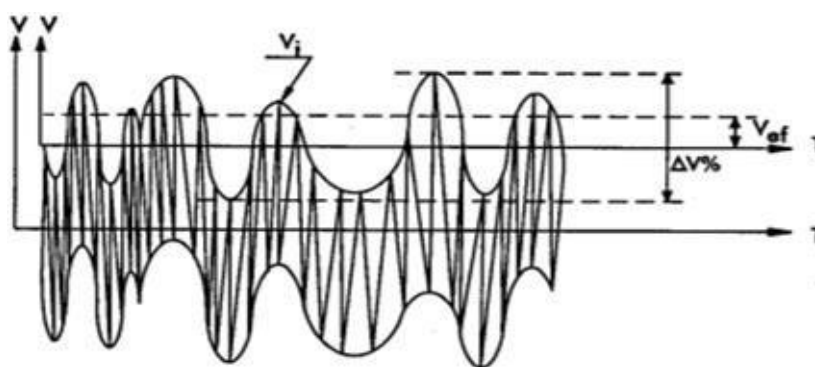
outros dispositivos eletrônicos, e o fator de potência equivale a relação da potência gerada ou aparente, da potência útil ou ativa. As falhas geradas por esses problemas são: distorção da tensão da rede, deslocamento excessivo de tensão e correntes, interferências em cargas próximas, redução na potência útil, aumento das perdas em condutores, redução da eficiência e possível necessidade no aumento na geração de potência.

Nas seções seguintes estão descritos os problemas mais encontrados na rede elétrica residencial.

2.4.1 Cintilação

Segundo Mehl (2012), a cintilação pode ser percebida na impressão visual causada pela variação do fluxo luminoso das lâmpadas, com cargas de ciclo variável. Esse efeito pode ser ocasionado pela variação do conteúdo harmônico de uma carga, como por exemplo, a variação da tensão que ocorreu devido a operação de um forno na rede, como pode-se notar na Figura 13.

Figura 13 - Representa o efeito de cintilação ao ligar um forno.

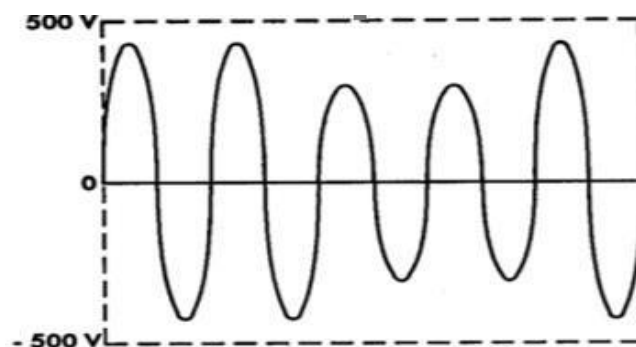


Fonte: Mehl (2012).

2.4.2 Cunha de Tensão ou Afundamento de Tensão

De acordo com Mehl (2012), a Cunha de Tensão é provocada pelo afundamento abrupto da tensão em cada alternância, podendo chegar a zero ou mudar o sinal. Mais comum em redes trifásicas, que ocorre um curto-circuito momentâneo entre as fases. Na Figura 14 se tem a ilustração da tensão em afundamento.

Figura 14 - Representa o afundamento da tensão.



Fonte: Mehl (2012).

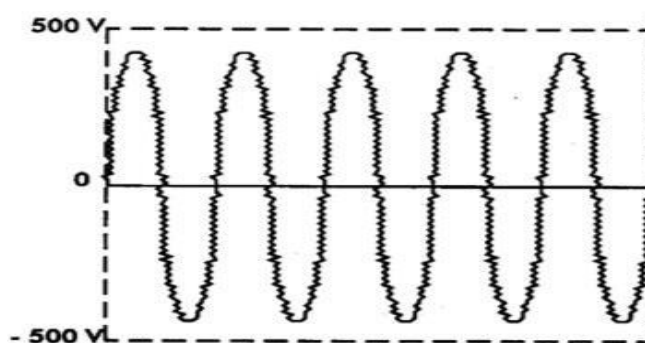
2.4.3 Desequilíbrio de Tensão e Elevação de Tensão

Segundo Mehl (2012), o desequilíbrio de tensão acontece quando ocorre uma diferença na magnitude da tensão nos circuitos polifásicos, sendo gerados por transformadores de distribuição ou pelos diferentes níveis de absorção da corrente em cada instante de tempo. Já a elevação de tensão é caracterizada pelo aumento da tensão por volta de dois segundos, em que a tensão chega acima do limite normal. Se a elevação for superior a dois segundos, ocorre um distúrbio de sobretensão.

2.4.4 Ruído

De acordo Mehl (2012), o ruído é caracterizado pela distorção da tensão senoidal, que é dividido em ruído comum e normal, sendo o comum a diferença da tensão entre o condutor neutro e a terra, e o normal a diferença da tensão entre o condutor fase e o neutro. Na Figura 15 pode se notar uma tensão sob efeito de ruídos.

Figura 15 - Representa uma tensão com ruídos.



Fonte: Mehl (2012).

2.4.5 Interferência Eletromagnética

De acordo com Mehl (2012), a interferência eletromagnética pode ser pelo ar ou pelos cabos utilizados na instalação elétrica, sendo um sinal de alta frequência irradiado. Essa interferência pode ser ocorrida pela circulação de componentes harmônicos, que podem interferir na operação adequada de outros equipamentos conectados à mesma rede.

2.4.6 Dimensionamento da rede elétrica residencial

Segundo Santos (2006), o uso da rede elétrica tem a fiação como meio de chegar ao objeto de consumo final, com isto é preciso que a fiação, os circuitos, os equipamentos pertencentes à rede elétrica, devem ser bem dimensionados para conseguir suportar a quantidade máxima de energia estimada de uso, sem prejudicar a rede elétrica e equipamentos ligados a ela.

No capítulo 2.1 até o 2.2.4 foi possível perceber a importância da geração de energia e os impactos gerados pelas formas de distribuição de energia, em que percebe-se o impacto da má distribuição da energia elétrica que chega nas residências. Após verificarmos a energia elétrica externa, foi preciso o conhecimento da rede elétrica residencial, que se encontra no capítulo 2.3 até o 2.3.6 a importância do consumo residencial, onde encontramos os maiores geradores de consumo nas residências, e os principais problemas na rede elétrica residencial.

2.5 Internet das Coisas – *Internet of Things* (IoT)

Conforme Nunes (2016), a Internet está definida como sendo uma grande comunidade de comunicação utilizando redes de computadores de pequeno e grande porte, que estão presentes em todo o mundo. Para essa comunicação precisa-se de inúmeros equipamentos de suporte, para utilizarmos a internet de forma apropriada. O uso da internet teve como objetivo inicial a centralização do uso das pessoas. Com o início do uso da *World Wide Web*, um local onde temos acesso livre a informação, suportada pelos recursos da internet, se tornando assim mundialmente conhecida e usada.

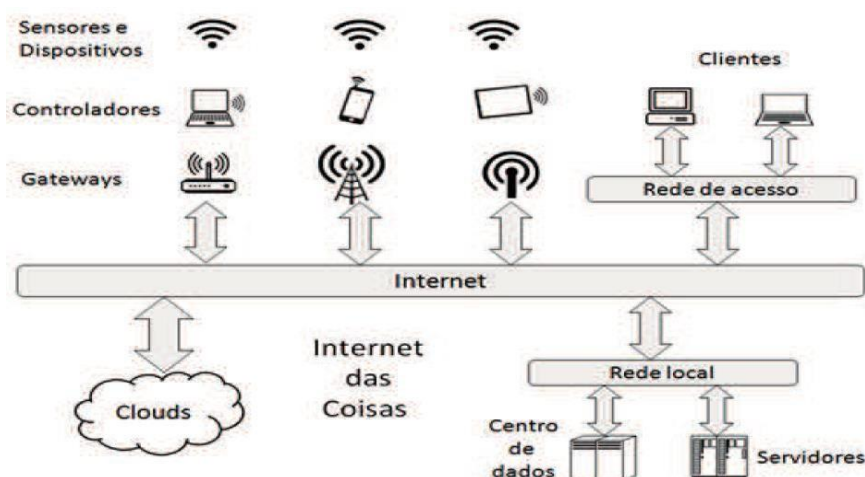
Segundo Geremias, Santos, Rosa e Silva (2015), a Internet das Coisas – *Internet of Things* (IoT) surgiu em 1991, com a popularização da Internet a ideia de conectar objetos a rede. Em 1999 definiram uma revolução tecnológica que buscava conectar os objetos

utilizados no dia a dia na rede mundial de computadores. Após isso, foi preciso estudar os impactos dessa nova tecnologia na rotina das pessoas em empresas.

Conforme Geremias, Santos, Rosa e Silva (2015), a IoT pode ser vista de várias formas, como sendo uma tecnologia que precisa de objetos inteligentes, que utilize processamento e sensores, ou uma tecnologia que pode ser embarcada em várias situações do nosso dia a dia, ou, ainda, pode ser usada para melhorar a vida humana e prevenir o uso de recursos naturais.

Segundo Nunes (2016), a Internet das Coisas é uma área de grande crescimento e investimento nos últimos tempos pelas empresas de tecnologia. Kevin Ashton, em 1999, criou o nome Internet das Coisas – *Internet of Things* (IoT) para definir objetos conectados a uma rede global, por dispositivos “smart” que transmitem dados para controladores que estão ligados a Internet. Uma grande vantagem da internet das coisas é facilidade de programar e receber os dados, sendo considerado inteligente ou “smart” os locais onde possuem vários objetos conectados à rede global. Na IoT dispositivos comunicam-se entre si, realizando uma comunicação máquina-máquina, podendo trazer benefícios para várias áreas de atuações no mercado nacional. Na Figura 16 pode-se ver a representação da IoT perante a Internet e a outros dispositivos. Com o bom desempenho da IoT está surgindo uma evolução na área da tecnologia, que será conhecida como Internet de Tudo (*Internet of Everything*).

Figura 16 - Representando a internet das coisas e alguns dispositivos.



Fonte: Nunes (2016).

Conforme Souza, Corrêa, Moraes, Fernandes e Silva (2015), a IoT está interligada a três conceitos, a conexão entre pessoas, a conexão entre pessoas e objetos e a conexão apenas

entre objetos. Os autores afirmam que a tecnologia não determina uma sociedade, mas sim a situação econômica, política e cultural daquele momento naquela sociedade. Pode-se perceber também que a construção e desenvolvimento tecnológico e científico está ligado a ideias e transformações, algumas abordagens construtivas conhecidas são a abordagem sistêmica, a teoria ator-rede e a teoria da construção social da tecnologia. Para algumas empresas, a IoT significa vantagem competitiva e diferencial estratégico, mas por outro lado pode ser vista como um desafio ou um risco empresarial devido ao conhecimento na área de atuação.

Segundo Santos (2016), a IoT está em grande crescimento mundial, sendo alvo de pesquisas em grandes corporações, devido aos vários benefícios causados pela inteligência de objetos. Com a evolução deste conceito, a tendência no futuro é de tudo ser inteligente, tudo ter monitoramento inteligente, tudo ser de fácil acesso e de mais comodidade para as pessoas. Na Figura 17 pode-se perceber que no futuro a IoT irá surgir em vários conceitos nas grandes cidades, tornando elas cidades inteligentes.

Figura 17 - Representa a internet das coisas nas cidades inteligentes.



Fonte: Santos (2016).

Segundo Santos (2016), a conexão de objetos está crescendo muito com a utilização de IoT pelas grandes empresas presentes no mercado, e com uso crescendo também nas casas residenciais, temos um grande número de conexões com a internet. Na Tabela 2 pode-se perceber o crescimento do número de conexões por categorias em milhões de unidade, e na Tabela 3 pode-se notar os gastos com internet das coisas em bilhões de dólares, dividido em categorias. Em ambas as tabelas temos as empresas *Cross-Industry*, que correspondem a dispositivos utilizados em múltiplas indústrias, já as empresas *Vertical-Specific* correspondem a dispositivos numa indústria particular, de uso restrito dela.

Tabela 1 - Representa o crescimento e estimativa de conexões com a internet.

Categoria	2014	2015	2016	2020
Consumidor	2,277	3,023	4,024	13,509
Empresas: <i>Cross-Industry</i>	632	815	1,092	4,408
Empresas: <i>Vertical-Specific</i>	898	1,065	1,276	2,880
Total	3,807	4,902	6,392	20,797

Fonte: Santos (2016).

Tabela 2 - Representa os gastos com internet das coisas.

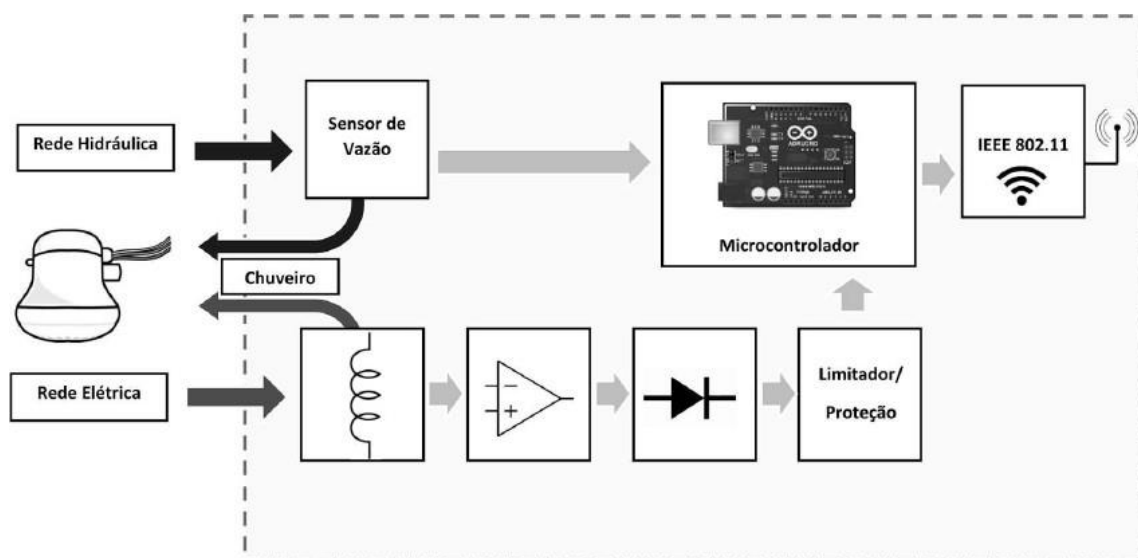
Categoria	2014	2015	2016	2020
Consumidor	257	416	546	1,534
Empresas: <i>Cross-Industry</i>	115	155	201	566
Empresas: <i>Vertical-Specific</i>	567	612	667	911
Total	939	1,183	1,414	3,010

Fonte: Santos (2016).

Segundo Pereira, Batista, Cavalcante, Soares e Alves (2016), com o aumento de emissão de gás carbônico no ambiente, devido ao alto consumo de energia elétrica, é preciso se preocupar com a sustentabilidade para proteger o Planeta. Os setores de maior consumo de energia elétrica no mundo são a indústria, transportes, agricultura, serviços e residências, devido ao crescimento populacional e ao alto conforto das famílias. O setor residencial no Brasil já corresponde em 50% do consumo total do país. Para melhorar esse consumo é preciso investir em tecnologias capaz de inibir de alguma forma esse alto consumo que vem crescendo nos últimos tempos, utilizando a IoT de forma sustentável, e a partir de sensores para monitorar o ambiente pode-se descobrir possibilidades de reduzir o consumo elétrica em residências.

Segundo Souza, Tatsch e Casagrande (2009), a IoT inspira as potencialidades de permitir um melhor controle e monitoramento em diversas áreas, sendo possível com ele o monitoramento de um dos principais responsáveis do consumo de energia, o chuveiro elétrico. Com a utilização da tecnologia para melhorar a gestão de recursos energéticos de forma mais consciente, a população consegue auxiliar na redução de custos e consumo da energia elétrica, podendo, por meio de micro controladores e softwares interligados por meio de sensores, a obtenção de informações que possam ajudar a diminuir o consumo do vilão das residências. Na Figura 18 é possível observar o esquema utilizado para o monitoramento da vazão de água consumida e da energia consumida pelo chuveiro elétrico, utilizando a ferramenta IoT.

Figura 18 - Representa o esquema utilizado para monitoramento do chuveiro elétrico.



Fonte: Souza, Tatsch e Casagrande (2009).

Segundo Machado e Ruschel (2017), o uso da IoT nas residências pode auxiliar na comunicação e resolução de problemas, mediante o uso de sensores para coletar dados e visualizar dados em tempo real. A IoT pode ser considerada um paradigma que abarca diferentes tecnologias, com o objetivo de interconectar objetos físicos e virtuais, para obter dados e informações da comunicação, facilitando o monitoramento e a criação de cenários inteligentes.

De acordo com Oliveira (2017), o conceito de internet das coisas não é novo, há tempo se vem pensando em interligar os objetos a internet. Com o avanço em tecnologia e redução dos valores de componentes, foram surgindo tecnologias que facilitam o uso da IoT, sendo uma delas o ESP8266, por ser uma solução à altura de suas tarefas e com interfaces de entradas e saídas digitais ou analógicas.

No capítulo 2.5 foi abordado os conceitos e formas de se utilizar a IoT, tendo como base o seu uso para o monitoramento. Após suas definições de como acontece sua interação com a internet e os comparativos de como esta tecnologia anda crescendo no mercado, foram citados exemplos de uso da IoT em monitoramentos.

3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Neste capítulo serão abordados as tecnologias e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da aplicação *web*, firmware do hardware, buscando identificar a linguagem de programação utilizada, os softwares de desenvolvimento e apoio, as plataformas e os sensores utilizados para o desenvolvimento deste projeto.

Conforme Kalita, Gogoi, Berzboruah (2010), a maior parte das organizações usam computadores, que é algo essencial para implementar a tecnologia *web* em suas atividades. Os serviços baseados na *Web* são muito importantes em vários tipos de transmissão e recepção de informações. Grande parte das instituições possuem suas próprias aplicações *web*, que facilitam o fornecimento de informações relacionadas ao usuário e a instituição no mundo inteiro, tornando-se algo benéfico para ambos.

O avanço da tecnologia é algo constante nos últimos tempos, com isso a Internet evoluiu muito, tornando as páginas *web* cada vez mais atraentes e cheias de recursos. As páginas *web* referem-se a todo site ou aplicação que fiquem hospedados em servidores na internet, onde o usuário não precisa nada mais do que um navegador (*browser*) para poder utilizar, sem precisar instalar nenhum software adicional (FARIA, 2013).

3.1 Linguagem de programação

A linguagem Java surgiu em 1991 na Sun Microsystems, anteriormente tinha o nome de Oak devido ser iniciada dentro de um projeto de convergência. Essa linguagem era muito desenvolvida para a época, considerando que as empresas não conseguiam comportar ela nas

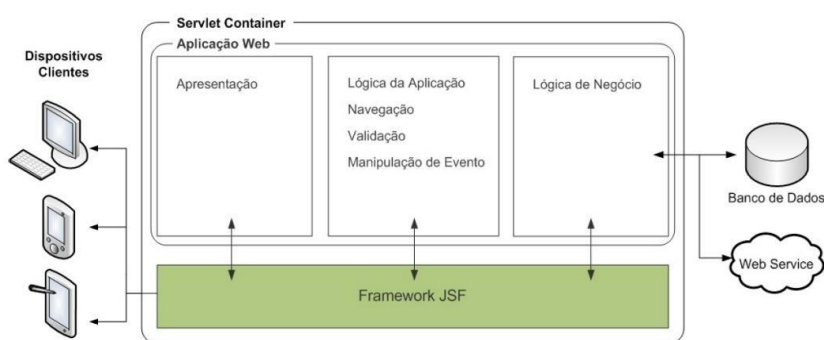
tecnologias daquele período. Em 1995, a linguagem foi adaptada para internet, surgindo assim a plataforma Java (LUCKOW, MELO, 2010).

3.1.1 JSF

O JavaServer Faces (JSF) é um framework de componentes para desenvolvimento *web* em Java, que foi definida por meio do Java Community Process (JCP), que é a entidade responsável pela evolução da linguagem Java de acordo com as necessidades do mercado e não apenas da sua criadora. Atualmente a JSF é considerada um padrão do mercado, devido a grandes empresas da tecnologia terem incorporada ela em suas aplicações. Para se ter o JSF como um produto concreto, precisa-se recorrer a implementações do JavaServer Faces. Esses recursos servem para auto completar o uso do JSF, trazendo maiores benefícios e componentes para o desenvolvimento das aplicações. Para a utilização do JavaServer Faces deve-se utilizar um software de desenvolvimento com o JSF pronto para uso ou obter seu pacote disponível no site do Mojarra importando para a ferramenta de desenvolvimento que irá ser utilizada (LUCKOW E MELO, 2010).

Segundo Gorla e Foschini (2013), o JavaServer Faces é um framework que compõe padrões arquiteturais do Model-View-Controller (MVC), utilizando modelos de interface gráfica. O JSF foi desenvolvido para facilitar o desenvolvimento de aplicações web através de do uso de componentes Graphical User Interface (GUI), reunindo as melhores estruturas do universo *web* e *desktop*, buscando a criação de uma página rica em detalhes e com pouca complexidade de desenvolvimento. Na Figura 19 pode-se observar o nivelamento do JSF e sua interação com diversos dispositivos, unindo a apresentação visual, lógica de desenvolvimento e lógico de negócios.

Figura 19 - Representa o nível do JSF e uma visão geral de suas características.



Fonte: Gorla e Foschini (2013).

De acordo com Gorla e Foschini (2013), as principais características fornecidas pelo framework JSF são:

- Arquitetura MVC: adota o padrão arquitetural MVC que divide as funcionalidades envolvidas em três camadas. Conversão de dados: os dados digitados pelo usuário em formulários *web* são em formato texto. Porém, objetos de negócios exigem dados em forma de números, datas ou outros tipos. O JSF facilita a tarefa de converter os dados e customizar as regras de conversão;
- Validação e manipulação: o framework JSF facilita a tarefa de criar regras de validação a campos obrigatórios e campos com formato específicos. Obviamente, é preciso exibir mensagens de erro apropriadas quando o usuário digitar dados inválidos;
- Internacionalização: o JSF fornece suporte à internacionalização, como a codificação de caracteres e seleção de pacote de recursos;
- Componentes customizados: o JSF dá liberdade para os desenvolvedores criarem os seus próprios componentes, bem como utilizarem outros componentes desenvolvidos por terceiros;
- Renderizadores alternativos: por padrão, o JSF produz XHTML em sua saída, mas é extensível o suficiente para produzir outros tipos de saídas como, por exemplo, *Wireless Markup Language* (WML) ou *XML User Interface* (XUL).

No desenvolvimento de aplicação pelo JSF, percebe-se que não é possível definir todo comportamento da página no próprio arquivo de *layout*. Em JSF o arquivo com os componentes da página deverão ficar separados da classe responsável por gerenciar a página, chamada de *managed bean*. O *managed bean* é considerado um Java Beans, que tem a função de servir como canal entre a interface gráfica e o *back-end* da aplicação. Para fazer com que um Beans seja um *managed bean* precisa-se registrá-lo, e a maneira de fazer isso é com a anotação de `@ManagedBean` do pacote `javax.faces.bean`, como pode-se observar na Figura 20, a forma de referenciar uma página como *managed bean*.

Figura 20 - Representa do *managed bean*.

```
@ManagedBean
public class OlaBean {

    private String nome;
    private String sobrenome;
    private String nomeCompleto;

    public void dizerOla() {
        this.nomeCompleto = this.nome.toUpperCase()
            + " " + this.sobrenome;
    }

    public String getNome() {
        return nome;
    }

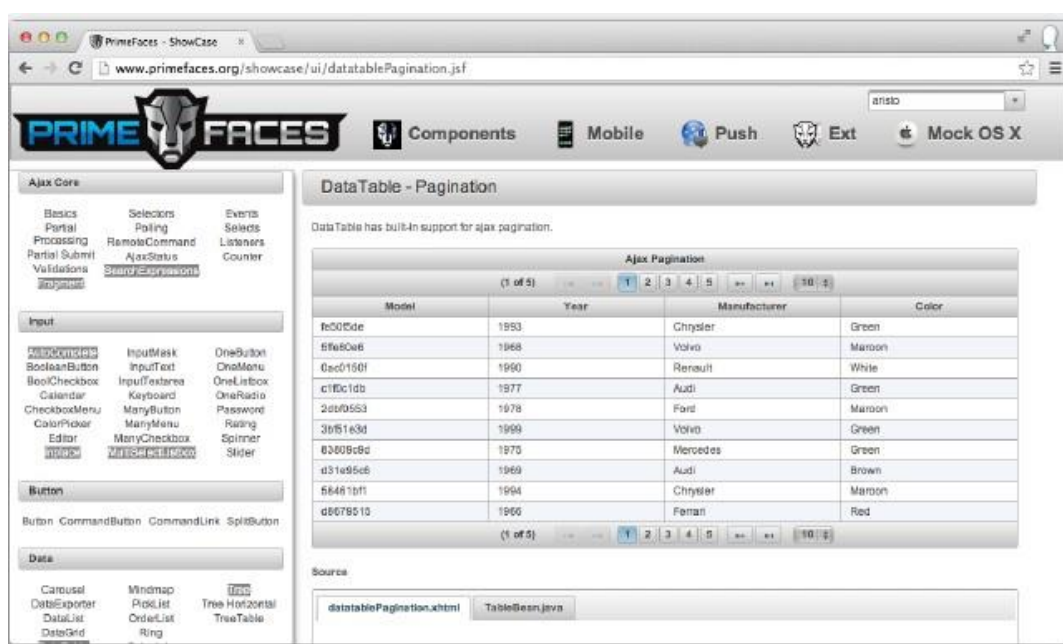
    public void setNome(String nome) {
        this.nome = nome;
    }
}
```

Fonte: Faria (2013).

3.2 PrimeFaces

O PrimeFaces é uma biblioteca de componentes rica em recursos JavaSever Faces, para facilitar o desenvolvimento de aplicações web. Nos componentes do PrimeFaces pode-se perceber que possuem Ajax integrado, que baseia-se no Ajax do JSF, fazendo com que seja obtido vários componentes na suíte da ferramenta. Na Figura 21 pode-se visualizar o site do criador do PrimeFaces, onde encontra-se toda documentação necessária.

Figura 21 - Site da PrimeFaces.



Fonte: Faria (2013).

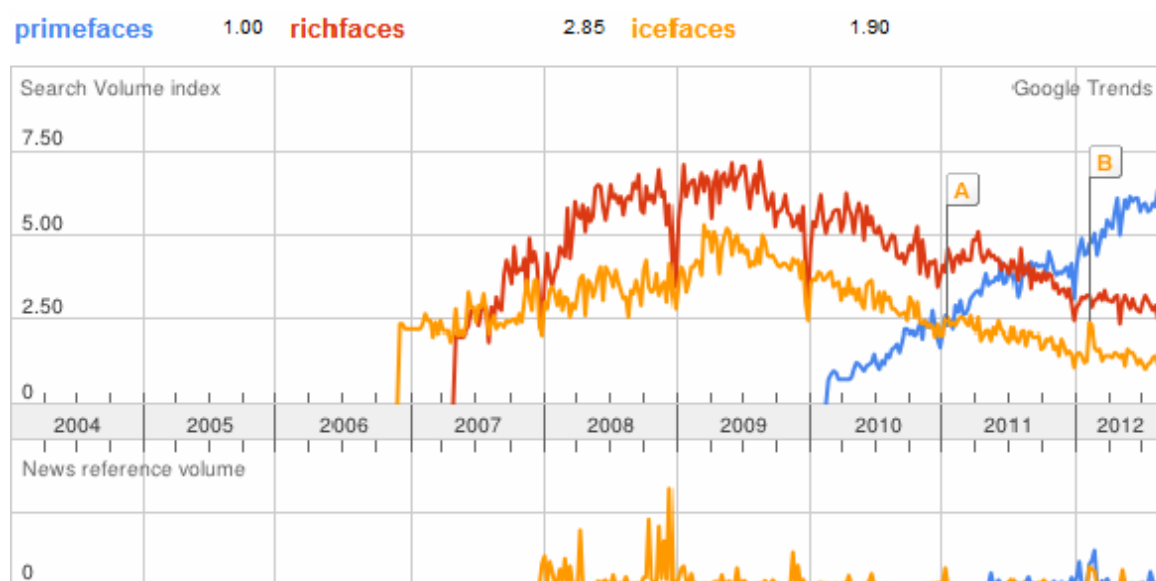
Segundo Carmisini e Vahldick (2012), o PrimeFaces oferece um conjunto de componentes de código aberto para utilizar-se junto ao JSF, sendo organizado em três módulos, o User Interface (UI), Optimus e FaceTrace. PrimeFaces contém uma biblioteca enxuta e de fácil acesso, não precisando de nenhuma configuração extra, além disso possui uma grande facilidade na construção dos *layout* de página e componentes gráficos.

De acordo com Carmisini e Vahldick (2012), o grande diferencial do PrimeFace para outra tecnologias concorrentes são:

- Simplicidade e desempenho: PrimeFaces é leve, todas as decisões tomadas são baseadas em manter o PrimeFaces tão leves quanto possível;
- Facilidade de uso: os componentes do PrimeFaces são desenvolvidos com um princípio de *design* que afirma que “Uma boa UI deve ocultar a complexidade, mas manter a flexibilidade;
- Possui o Mobile UI kit para criar aplicações web móveis para dispositivos portáteis baseados em navegadores web kit, por exemplo: iPhone, Palm, Android Phones, Nokia S60, entre outros;
- Possui um rico conjunto de componentes de interface: DataTable, AutoComplete, HTMLEditor, gráficos e etc;
- Não é necessária nenhuma configuração extra para XML e não há dependências;
- Os componentes são construídos com AJAX no padrão JSF;
- Possui mais de 30 temas de *templates*;
- Possui boa documentação com exemplos práticos.

Conforme Col e Nesello (2013), a utilização do PrimeFaces teve crescimento muito expressivo nos últimos anos. Desde seu surgimento em 2010, está superando seus concorrentes, sendo a tecnologia de maior destaque. Como pode-se observar na Figura 22, o crescimento da utilização do PrimeFaces em comparação a outras ferramentas similares está evoluindo.

Figura 22 - Representa o gráfico de utilização de componentes para o JSF.



Fonte: Col e Nesello (2013).

3.3 Apache Tomcat

Para o funcionamento de uma aplicação *web* é necessário o uso de containers, que são interfaces diretamente ligadas a componentes e funcionalidades de baixo nível de determinada plataforma. Pode-se chamar estes containers de servidores de objetos ou servidor de aplicação, pois auxiliam no funcionamento dos componentes da aplicação (FARIA, 2013).

Para a obtenção do servidor Apache Tomcat, precisa-se descompactar o arquivo fornecido pelo próprio site do criador em local desejado, assim já é possível utilizá-lo. Na figura 23 está exposto o site do Apache Tomcat, onde pode-se encontrar seu arquivo e documentação necessária (FARIA, 2013).

Figura 23 - Representa o site do Apache Tomcat.



Fonte: Faria (2013).

Para a utilização do Apache Tomcat de maneira de desenvolvimento, precisa-se adicionar ela a uma ferramenta de desenvolvimento, por exemplo, NetBeans ou Eclipse (FARIA, 2013).

3.4 Banco de dados MySQL

Para o correto funcionamento de um sistema, independente do porte dele, é necessário um gerenciamento de dados confiável, que, de modo geral, será utilizado para armazenar os dados em um banco de dados, e posteriormente, recuperá-los por meio de linguagem de programação. O uso de banco de dados relacional como repositório de dados é algo muito comum entre os desenvolvedores de aplicação de hoje em dia, a tecnologia encontrada em banco de dados relacional está muito bem fundamentada, facilitando a flexibilidade que ela nos fornece (LUCKOW E MELO, 2010).

Além da necessidade de um banco de dados, é necessário o uso de uma conexão com esse repositório, para realizar as operações desejadas. Uma das maneiras de realizar essa conexão é com a utilização de um *driver Java Database Connectivity* (JDBC). Este *drive* é fornecido pelas principais empresas desenvolvedoras de banco de dados em extensão Java Application Resource (JAR). Na Figura 24 pode-se perceber a arquitetura utilizada no JDBC, em comunicação com a aplicação (LUCKOW E MELO, 2010).

Figura 24 - Representa a arquitetura do uso de JDBC.



Fonte: Luckow e Melo (2010).

A utilização do JDBC utiliza a classe DriverManager e o método getConnection para fazer a operação. É informada uma String com a URL com informações para a conexão com o banco, onde cada banco de dados possui sua URL padrão para realizar a conexão de maneira correta, por isso é de extrema importância obter o driver direto com o fabricante do banco de dados (LUCKOW E MELO, 2010).

Segundo Col e Nesello (2013), o MySQL é um sistema com a função de gerenciar um banco de dados, que utiliza a linguagem Structured Query Language (SQL) como interface de comunicação. O MySQL é uma tecnologia *open source*, para diversos tipos de aplicações. A MySQL pertence ao ORACLE, e tornou-se conhecida pelos desenvolvedores pela sua facilidade de integração, portabilidade, compatibilidade, pouca exigência de hardware, desempenho e facilidade de uso.

3.5 NetBeans

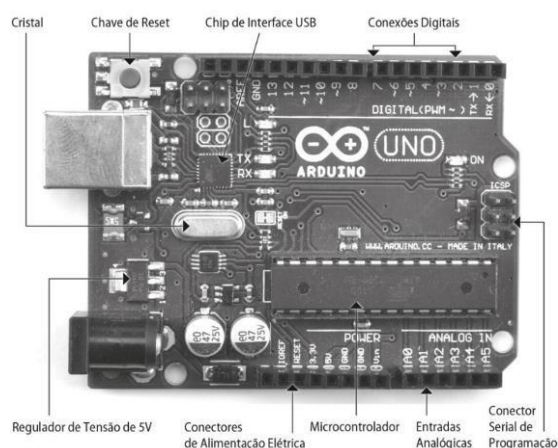
Conforme Col e Nesello (2013), o NetBeans é uma IDE *open source* bem completa, utilizada para o desenvolvimento de projetos de programação *Web*, *desktop* e para dispositivos móveis em diversas linguagens, conforme a necessidade do desenvolvedor. O NetBeans foi fundado no ano 2000 pela mesma empresa criadora da linguagem Java, a Sun Microsystems, que possui código fonte aberto e uma vasta gama de usuários e desenvolvedores. Todas as informações, documentações e versões, podem ser encontradas no próprio site do criador, facilitando muito a sua utilização e suprimindo o maior número de dúvidas dos desenvolvedores.

3.6 Arduino

O Arduino é uma plataforma hardware, que tem seu projeto criado com base no microcontrolador Atmel AVR. Ele possui linguagem de programação própria, mas muito parecida com C/C++, facilitando no desenvolvimento de projetos eletrônicos. O desenvolvimento do Arduino teve o objetivo de aprimorar os projetos que era preciso comunicação direta entre o software e o hardware, utilizando meios de controlar sensores e atuadores, para assim facilitar a percepção e interação do projeto com o ambiente real. Na placa do Arduino pode-se perceber a semelhança com um computador de pequeno porte, devido suas características, como o microcontrolador, memória RAM, memória *flash*, *clock*, entre outros (OLIVEIRA E ZANETTI, 2016).

O Arduino UNO é um dos principais modelos de Arduino, nele pode-se perceber várias características importantes, sendo elas: 14 pinos de saída ou entradas digitais, possui um microprocessador ATmega328, memória RAM de 2 KB, memória flash de 32 KB e *clock* de 16 MHz. Na Figura 25 pode-se observar o formato do Arduino UNO e algumas especificações dos pinos e configurações (MONK, 2009).

Figura 25 - Representa o Arduino UNO.



Fonte: Monk (2009).

3.6.1 Ferramenta de desenvolvimento

A plataforma Arduino como qualquer outra plataforma programável, utiliza uma linguagem de programação, um compilador para verificar o código descrito e uma maneira de executar a transmissão do código para o dispositivo. Para facilitar este processo é preciso

utilizar um *Integrated Development Environment* (IDE) que é um ambiente integrado de programação. Quando é criado um programa para Arduino, ele é denominado sketch, neste ambiente de trabalho pode-se encontrar inúmeras ferramentas facilitadoras, como a transferência do código desenvolvido para o hardware, pode-se selecionar o modelo de Arduino que precisasse desenvolver, entre outras funcionalidades. Na Figura 26 pode-se visualizar a IDE Arduino no seu ambiente de desenvolvimento, sendo o primeiro passo para o desenvolvimento de um projeto (OLIVEIRA E ZANETTI, 2016).

Figura 26 - Representa o ambiente de desenvolvimento do IDE do Arduino.



Fonte: Oliveira e Zanetti (2016).

A instalação do IDE pode ser feita de maneira simples, pode-se encontrar várias versões para plataformas diferentes, possui compatibilidades com os principais sistemas operacionais e seu download pode ser feito de maneira gratuita no site oficial do Arduino (MONK, 2009).

Toda ferramenta de desenvolvimento precisa seguir os seus próprios padrões, sendo de grande importância o conhecimento das variáveis suportadas pelo IDE de desenvolvimento. As principais variáveis do IDE Arduino estão representadas na Tabela 3, ajudando a facilitar o desenvolvimento da aplicação (OLIVEIRA E ZANETTI, 2016).

Tabela 3 - Representa as principais variáveis do IDE Arduino.

Tipo	Especificação
boolean	Dados do tipo booleano podem possuir apenas o valor Verdadeiro (TRUE) ou Falso (FALSE).
byte	Um dado do tipo byte armazena um número de 8 bits sem sinal que deve possuir um valor entre 0 e 255.
char	O tipo caractere utiliza 1 byte de memória e armazena o valor de um caractere. A representação simbólica do caractere deve ser escrita entre aspas simples ('').
int	O tipo de dados inteiro é referente aos valores conjuntos dos numéricos inteiros naturais positivos e negativos, incluindo o zero e abrangendo a faixa de -32.768 a 32.767. Necessita de 2 bytes da memória para armazenamento.
float	Tipo de dado que representa o conjunto de números reais, positivos e negativos. Chamados de números de ponto flutuante, abrangem a faixa de 3,4028235E+38 a -3,4028235E+38. São necessários 4 bytes da memória para armazenar um valor desse tipo de dados.
String	Strings representam um conjunto ou cadeia de caracteres, como quando formamos uma palavra ou frase. Seu armazenamento é variável, dependendo da quantidade de caracteres que formam a cadeia. Um valor String deve ser delimitado por aspas duplas ("").

Fonte: Oliveira e Zanetti (2016).

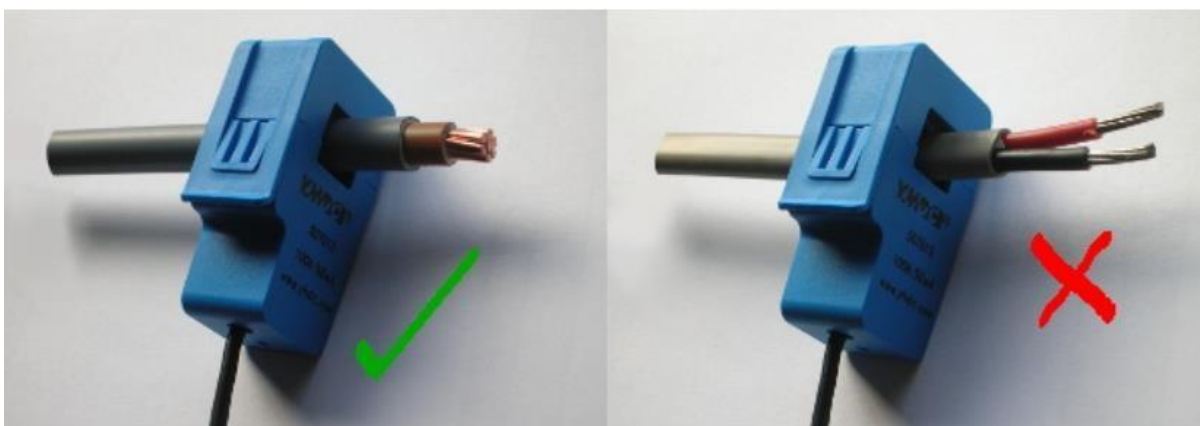
3.6.2 Sensores

Os sensores podem ser conectados junto à placa do Arduino, com o intuito de fornecer e coletar os dados esperados. O Arduino aceita vários tipos de sensores, sendo necessário conectar nos pinos correspondentes e ativar seus dados a partir do IDE, para assim utilizar de maneira correta o sensor escolhido para o projeto (OLIVEIRA E ZANETTI, 2016).

3.6.2.1 Sensor de corrente

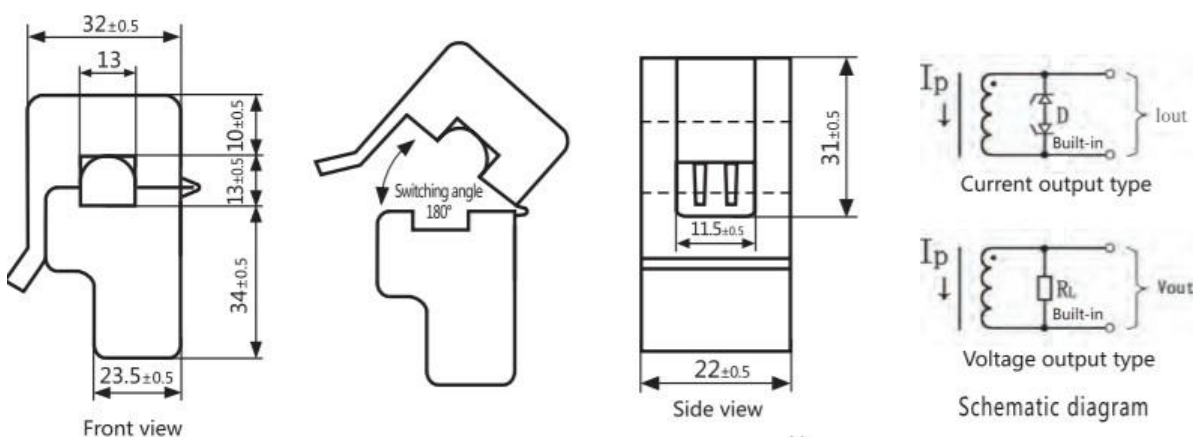
Segundo Fontes (2013), o sensor SCT-013-000 é usado para medir a corrente elétrica alternada e sua maior utilidade é medir o consumo de energia elétrica. Esse sensor possui seu núcleo dividido em dois, conseguindo medir tensões de 0 a 100 amperes, sendo indicado para uso em alta tensão, sem precisar interferir nos fios, pois seu uso não necessita o desencapar dos fios, devido a ser um sensor não invasivo. Seu funcionamento é feito por indução, que possui com enrolamento no primário e no secundário. A corrente que flui pelo primário produz um campo magnético no núcleo, o que induz uma corrente no secundário. Na Figura 27 temos a forma correta de utilização do sensor, e na Figura 28 temos a estrutura interna do sensor, onde se encontra o transformador de corrente e as espiras da bobina.

Figura 27 - Utilização sensor de corrente não invasivo.



Fonte: (<https://openenergymonitor.org/>).

Figura 28 - Estrutura sensor de corrente não invasivo.



Fonte: Datasheet modelo SCT013-30.

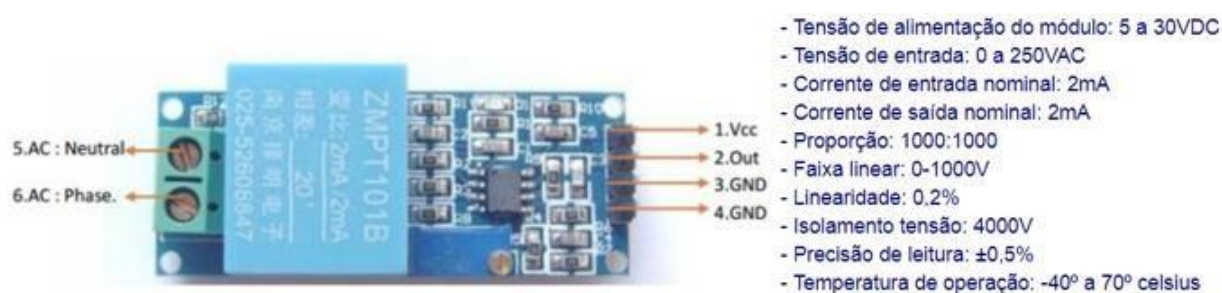
3.6.2.2 Sensor de tensão

Segundo Fontes (2013), o microcontrolador Arduino não consegue monitorar a tensão de alta intensidade, pois suas portas analógicas não suportariam, e nem conseguiria identificar suas variações, possuindo uma equivalência proporcional. Neste caso precisa-se utilizar um transformador de corrente elétrica alternada 220 V/9 V, sendo conectado a um circuito com o objetivo de dividir a tensão, reduzindo ela para níveis que atendam as limitações do hardware, tendo como tensão positiva entre 0 V a uma tensão de referência de 5 V.

De acordo com Abubakar, Khalid, Mustafa, Shareef e Mustapha (2017), a tecnologia de sensores atingiu um nível avançado, em que medições que não eram possíveis de serem

obtidas, podem ser medidas de maneira simples e fácil, com a disponibilidade de sensores e transdutores. Para a medição da tensão elétrica, pode ser usado o sensor para tensão modelo ZMPT101B, que opera em altas tensões, mas deve ser calibrado de forma correta, devido à calibração ser um aspecto de grande importância na leitura feita na medição. Na Figura 29 pode-se observar a pinagem e a ilustração do sensor, juntamente com suas principais características.

Figura 29 - Sensor de tensão e suas características.



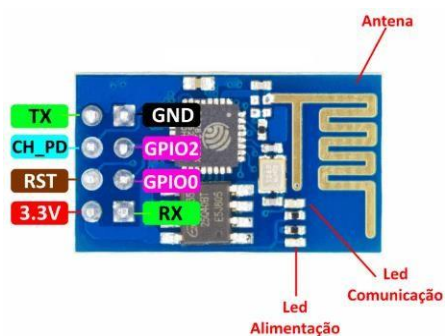
Fonte: Autor (2018).

3.6.3 Módulo ESP8266

Segundo Silva, Oliveira, Mendes e Sales (2016), o ESP8266 se caracteriza por ser uma solução de rede Wi-Fi autossuficiente, interligando um microcontrolador pré-existente a uma rede Wi-Fi, que dependendo a situação pode executar comandos de forma independente. Existem vários tipos deste módulo, várias versões, mas todas são com o processador ESP8266. A maior diferença entre as versões é o número de pinos expostos.

De acordo com Segundo e Moraes (2018), o ESP8266 ESP-01 foi desenvolvido para se conectar a uma rede Wi-Fi de maneira facilitada e eficaz. Este módulo suporta as redes 802.11 b/g/n, sendo possível sua utilização como ponto de acesso ou como uma estação, enviando e recebendo dados. Sua comunicação com o Arduino é feita pelos pinos Tx e Rx, sendo configurados por comandos AT. Na Figura 30 é possível visualizar a pinagem e alguns componentes do ESP8266 ESP-01, em que os pinos Tx e Rx são conectados nas portas digitais do Arduino UNO.

Figura 30 - Pinagem ESP8266 ESP-01.



Fonte: (www.arduinoecia.com.br).

No capítulo 3 foi abordado de forma conceitual as ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, tanto na parte de desenvolvimento, hardware e aplicação. Tendo como objetivo especificar as ferramentas de modo geral e claro, e a forma que será aplicado no presente trabalho.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Com a finalidade de avaliar a viabilidade dos protótipos, foram realizadas buscas por trabalhos concluídos semelhantes a este. Neste Capítulo, serão demonstrados três trabalhos relacionados à arquitetura IoT e monitoramento de energia elétrica. A análise dos trabalhos de conclusão citados nesta seção, favoreceram no desenvolvimento do presente trabalho.

4.1 Sistema Supervisório para Acompanhamento de Consumo de Energia Elétrica

O trabalho Sistema Supervisório para Acompanhamento de Consumo de Energia Elétrica Residencial, teve sua proposta desenvolvida por Gomes, Gomes e Tagliari (2016), que visa o desenvolvimento de uma aplicação para o controle do consumo de energia elétrica residencial.

Para isso foi utilizado a plataforma de hardware, Arduino, por ser uma plataforma *open source*, utilizando a linguagem de programação C/C++ para a codificação do firmware que está embarcado no Arduino. O controle e aquisição de dados será contemplada por sensores, responsáveis pela captura dos dados da energia elétrica. Após a obtenção dos dados é realizado os cálculos para o monitoramento e, após, informado ao usuário.

O desenvolvimento do sistema de aquisição e monitoramento, supervisório, foi desenvolvido em Python, devido segundo os autores, permitir maior facilidade no desenvolvimento e melhor usabilidade de interface em alto nível, ou seja, uma interação com o usuário de maneira simples e de fácil interação.

Segundo Gomes, Gomes e Tagliari (2016), este projeto tem o objetivo de tornar mais popular e de maneira exploratória aplicar a área de automação uma forma econômica de

monitoramento residencial, podendo assim otimizar os gastos em energia elétrica para o usuário e uma melhoria na fatura mensal da conta de energia. Na Figura 31 temos a representação da topologia do hardware utilizada neste projeto.

Figura 31 - Representa a topologia do hardware do projeto.



Fonte: Gomes, Gomes e Tagliari (2016).

De acordo com Gomes, Gomes e Tagliari (2016), os resultados obtidos dos sensores foram comparados com o multímetro, para sua validação, e o cenário de atuação dos testes foi no quadro de distribuição da residência. O teste durou 33 horas e foi monitorado o chuveiro, iluminação e tomadas em geral, tendo os maiores picos de energia no momento da utilização do chuveiro, e foi observado que o uso do chuveiro em horários de bandeira branca, tornaria a conta de luz num valor menor.

4.2 Protótipo de um Sistema Inteligente de Monitoramento

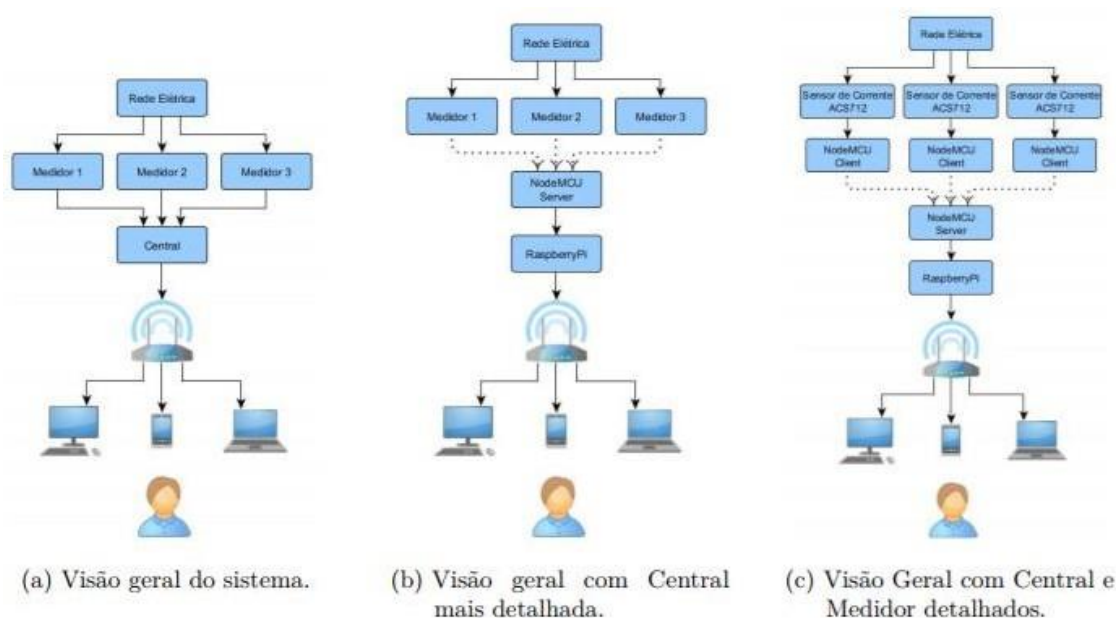
O trabalho Protótipo de um Sistema Inteligente de Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica de uma Residência, teve sua proposta desenvolvida por Rovere (2016), que visa facilitar o acompanhamento do usuário perante informações e consumo da rede elétrica.

Para o desenvolvimento dos medidores modulares e uma central de controle, esse projeto optou por utilizar sensores modelo ACS712 para as medições, que medem a corrente elétrica por determinado aparelho, e modulo de ethernet com comunicação *Wireless*. A central receptora dos dados é constituída por um hardware Raspberry pi junto ao NodeMCU, podendo abranger outras interfaces por *General Purpose Input/Output* (GPIO).

O monitoramento da aplicação fica a cargo de um sistema *Web* que pode ser acessado através de qualquer plataforma portadora de navegador de Internet. A linguagem de desenvolvimento do sistema de aquisição de dados em alto nível foi o C/C++, aplicando ao mesmo tempo o mapeamento HTML, construindo um sistema *Web* de acesso direto e central.

Segundo Rovere (2016), foi possível por meio da IoT realizar um melhor controle e monitoramento dos gastos com energia elétrica do usuário, ainda mais no momento atual da indústria 4.0, no caso, a 4ª Revolução Industrial, que abrange vários conceitos aplicados a IoT. Na Figura 32 pode-se perceber os principais diagramas de blocos do sistema do projeto.

Figura 32 - Representa os principais diagramas do projeto.



Fonte: Rovere (2016).

De acordo com Rovere (2016), os resultados obtidos serviram como base para a estimativa de custo, onde os dados foram fornecidos em forma de tabela ao usuário. Ao ser monitorado um ferro de passar roupa, uma geladeira e um forno elétrico, foi observado que

este protótipo de sistema inteligente de monitoramento só pode ser usado em aparelhos de baixa tensão, sendo possível sua adaptação. O monitoramento gerou o valor em reais, do custo de utilização de tais aparelhos, tendo seus resultados satisfatórios comparando com os esperados.

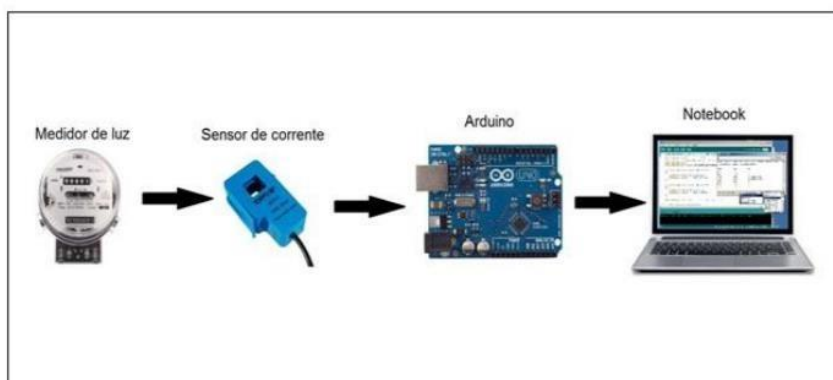
4.3 Microcontrolador com uma Central de Monitoramento Elétrico

O trabalho sobre Microcontrolador Arduino, com uma Central de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica, teve sua proposta desenvolvida por Siqueira (2014), que visa o desenvolvimento de um protótipo para aquisição e monitoramento de dados obtidos na rede elétrica.

Para isso foi desenvolvido um hardware em Arduino, utilizando sensores de corrente elétrica para captura dos dados. A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento foi C/C++, que é aplicado os cálculos de consumo, captura de dados, entre outros. A ferramenta de desenvolvimento utilizada neste projeto foi o IDE Arduino, e o software para exibir os dados adquiridos pelos sensores e moldados em algoritmos específicos a cada módulo, foi o Tera Term Pro.

Segundo Siqueira (2014), este projeto tem o objetivo de auxiliar a empresa ou residência em sua gestão de consumo de energia elétrica por parte de seus equipamentos eletrônicos, aplicando o conceito de administração para uma melhor utilização e redução de gastos com a energia elétrica. Na Figura 33 temos o esquema do modelo proposto pelo projeto mencionado.

Figura 33 - Representa o esquema do modelo proposto.



De acordo com Siqueira (2014), os resultados foram obtidos através do teste do protótipo, instalado junto ao medidor de energia da residência. O teste durou 24 horas, em que o valor obtido pelo protótipo teve uma divergência de 2,67% comparando com o medidor de energia, sendo uma possível causa da divergência a oscilação da tensão nesta residência ou atrasos nos cálculos do protótipo.

4.4 Comparação entre os trabalhos

Na Tabela 4, foi realizada uma comparação entre os trabalhos mencionados anteriormente, buscando apresentar as informações e tecnologias abordadas nos trabalhos analisados, além da demonstração das informações presente neste trabalho. As principais informações a serem comparadas entre os trabalhos são: plataformas de hardware, linguagem de programação, protocolos, monitoramento, sensores utilizados, tipo de sensor e cenário de atuação.

Tabela 4 - Comparação trabalhos analisados.

Trabalhos	Trabalho 4.1	Trabalho 4.2	Trabalho 4.3
Plataformas de hardware	Arduino Uno	Rapsberry Pi	Arduino Uno
Linguagem de programação	C/C++, Phytton	C/C++	C/C++
Protocolos	JSON+HTTP	I2C, ModBus, Serial	I2C, ModBus, Serial
Monitoramento	Tempo real	Tempo real	Tempo real
Sensores utilizados	SCT-013	ACS712	SCT-013
Tipo de sensor	Não invasivo	Invasivo	Não invasivo
Cenário de atuação	Residencial	Residencial	Residencial e empresarial

Fonte: (Autor, 2017).

Ao analisar os trabalhos relacionados, pode ser constatado o uso da linguagem C como sendo a principal, o hardware de desenvolvimento mais utilizado foi o Arduino. O

monitoramento em todos os trabalhos foi em tempo real, com o uso de sensores, tendo como cenário de atuação as residências como maior foco.

5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Nos capítulos anteriores foram apresentadas as plataformas de hardware e de software, que compõe o desenvolvimento deste projeto. Neste capítulo será abordado a implementação de um protótipo de hardware e da aplicação *Web*.

5.1 Projeto proposto

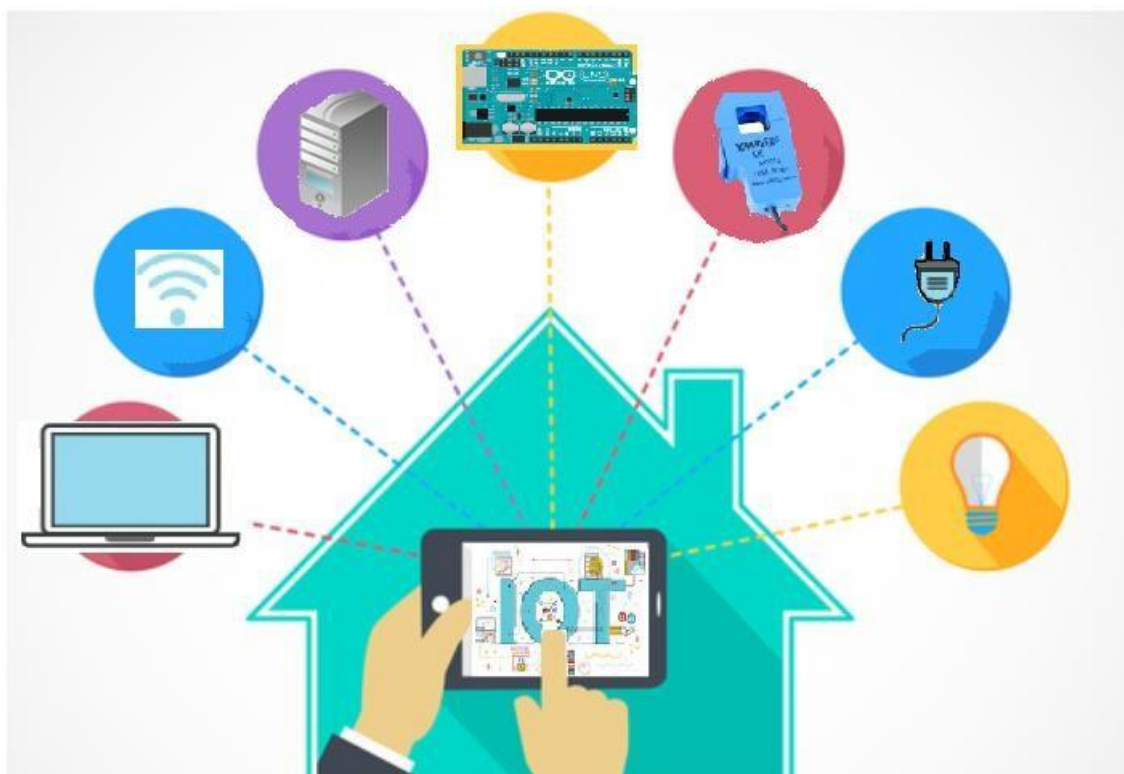
Neste trabalho é proposto um protótipo de um sistema composto por duas partes, a parte da aplicação principal e a parte do gerenciamento de dispositivos monitoradores. A aplicação principal será hospedada em um servidor local com a aplicação Tomcat. Sua especificação pode ser conferida na seção 3.2, sendo usado o banco de dados MySQL como visto na seção 3.3. O servidor está conectado à rede local, de forma que consiga se comunicar aos dispositivos da IoT.

A aplicação monitoradora será hospedada em um Arduino UNO, que ficará monitorando e lendo os dados da energia elétrica em tempo real. Após a leitura, será enviado os dados ao servidor, onde a aplicação *Web* irá coletar os dados.

No presente trabalho será realizado a linguagem de programação Java, devido a sua facilidade com multiplataforma, pelos inúmeros recursos e bibliotecas disponíveis. A linguagem utilizada na aplicação principal irá ser JavaServer Faces (JSF) com o auxílio da ferramenta PrimeFaces, como visto na seção 3.1.1.

Na Figura 34 pode-se identificar o esquema do projeto proposto, que tem em vista o uso em uma residência. Temos a ligação da IoT com a eletricidade, componentes de monitoramento e demais componentes envolvidos no desenvolvimento do protótipo.

Figura 34 - Esquema do projeto proposto.



Fonte: Autor (2017).

5.1.1 Analise SWOT

A análise SWOT serve para identificar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças presentes neste projeto, para auxiliar no desenvolvimento do trabalho.

- *Strengths (forças)* – Monitoramento da rede elétrica, tanto da corrente elétrica, quanto da tensão elétrica, monitoramento de possíveis falhas na rede, monitoramento de queda da tensão, reconhecer equipamentos com mau funcionamento, o uso da IoT;
- *Weaknesses (fraquezas)* – pequenas oscilações, pequenos picos de energia, ruídos na rede elétrica;
- *Opportunities (oportunidades)* – maior duração dos equipamentos residenciais, menor consumo de energia, visualização da rede em tempo real pela Web, perceber um possível mau dimensionamento da rede elétrica;
- *Threats (ameaças)* – Rede elétrica externa com falhas, má distribuição da rede externa, danos ao aparelho de monitoramento ou sensores, quedas no servidor.

Figura 35 - Representa a análise SWOT de forma mais clara.

Análise SWOT		
	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Fatores Internos	Forças Monitoramento da rede elétrica, tanto da corrente elétrica, quanto da tensão elétrica, monitoramento de possíveis falhas na rede, monitoramento de queda da tensão, reconhecer equipamentos com mal funcionamento, o uso da <u>IoT</u> ;	Fraquezas Pequenas oscilações, pequenos picos de energia, ruídos na rede elétrica;
Fatores Externos	Oportunidades Maior duração dos equipamentos residências, menor consumo de energia, visualização da rede em tempo real pela <i>Web</i> , perceber um possível mal dimensionamento da rede elétrica;	Ameaças Rede elétrica externa com falhas, má distribuição da rede externa, danos ao aparelho de monitoramento ou sensores, quedas no servidor.

Fonte: Autor (2017).

5.1.2 Aplicação principal

A aplicação principal será desenvolvida em uma interface *Web*, necessitando a utilização de um servidor Web. A interface será desenvolvida com recurso do PrimeFaces e alguns componentes visuais em Bootstrap em HTML. Na Figura 36 está apresentada a interface da aplicação principal.

Figura 36 - Representa a interface da aplicação principal.



Fonte: Autor (2017).

Ao realizar o login de acesso da aplicação principal, o usuário terá ao dispor um menu com funcionalidades, como vemos na Figura 37, que na opção Gráficos é possível realizar o monitoramento da rede elétrica em tempo real, e em relatórios se encontra os registros históricos da rede elétrica monitorada.

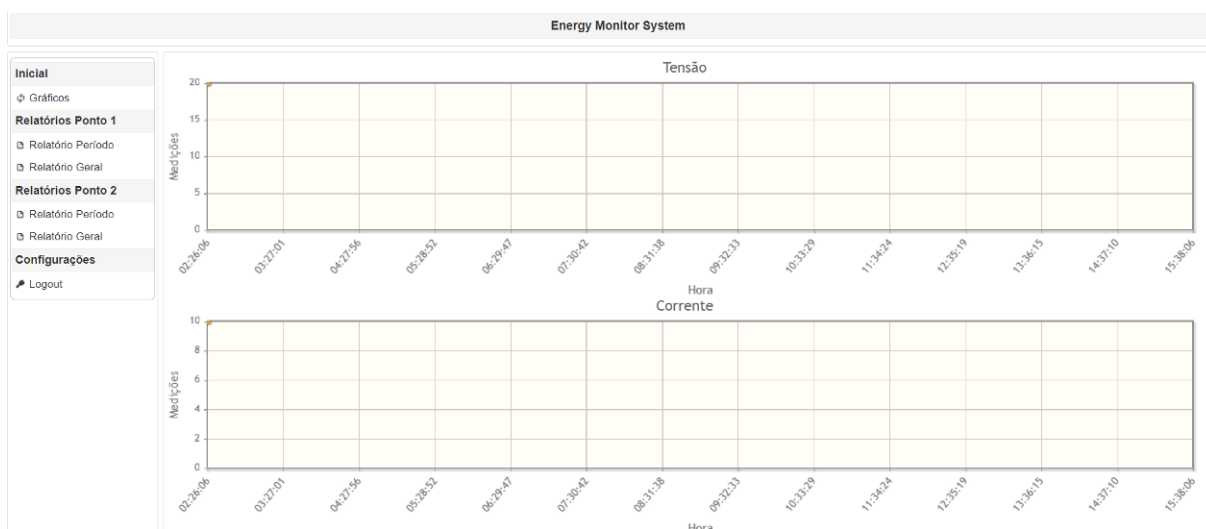
Figura 37 - Representa menu de opções aplicação principal.



Fonte: Autor (2017).

Ao clicar em gráficos será exibida a tela de visualização dos dados obtidos pelos sensores, fazendo com que seja possível a identificação de possíveis picos na rede elétrica residencial monitorada, como pode se observar na Figura 38.

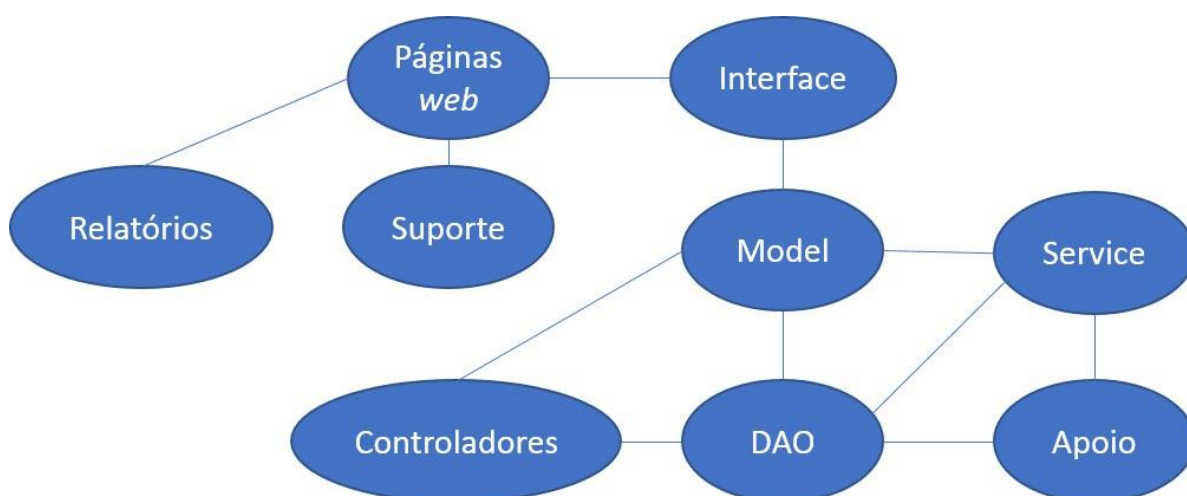
Figura 38 - Tela dos gráficos.



Fonte: Autor (2018).

A aplicação *web* foi desenvolvida separada por pacotes de classes, cada pacote de classes é responsável por alguma parte do software. Sendo o pacote de relatórios responsável pela geração dos relatórios requisitados pelo usuário, os pacotes de suporte possuem as classes dependentes para o bom funcionamento de algumas funções das páginas *web*, as páginas *web* ficam visíveis ao usuário, tendo o auxílio do pacote de interface que interage com os métodos provenientes do model, em que se encontra a declaração do get e set usados no software. No pacote de apoio se encontra as classes que apoiam o funcionamento do software como por exemplo o acesso ao banco de dados, no pacote dao tem os métodos de consulta e inserção dos dados, o pacote service auxilia na autenticação do usuário e sessão, e o pacote controladores é responsável por controlar o uso das classes. Na Figura 39 pode se observar de maneira mais clara por meio de um diagrama, a divisão destes pacotes de classes utilizados no desenvolvimento e funcionamento da aplicação *web*.

Figura 39 - Diagrama da aplicação web.



Fonte: Autor (2018).

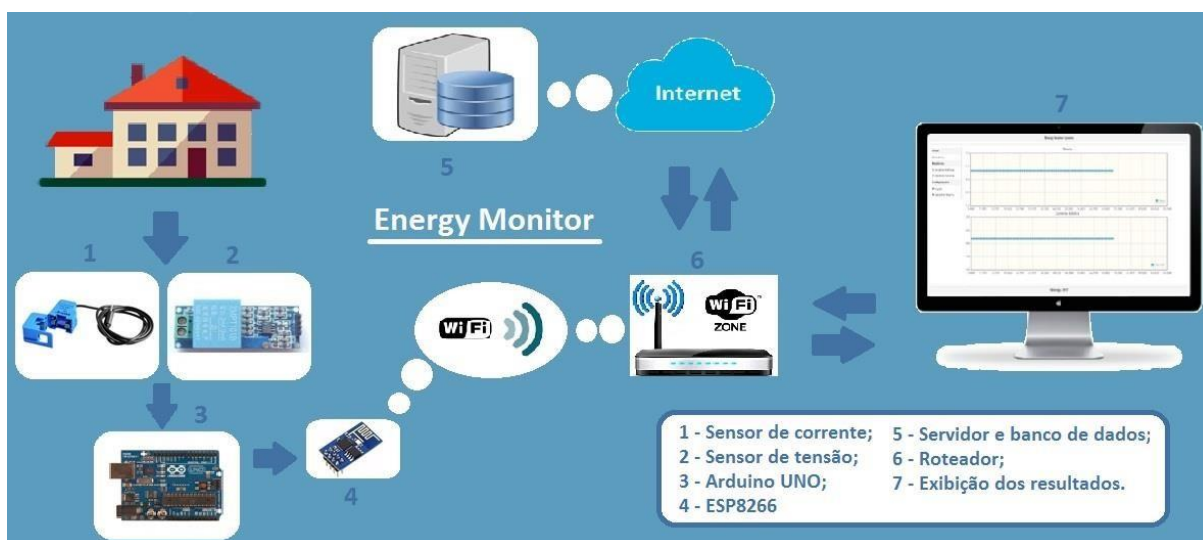
5.1.3 Aplicação monitoradora

A aplicação monitoradora utilizará a plataforma hardware Arduino UNO, como especificações apresentadas na seção 3.5. Esta aplicação será responsável pela coleta de dados da energia elétrica proveniente de sensores e da comunicação pela IoT.

5.2 Protótipo

O protótipo do presente trabalho tem sua estrutura exibida na Figura 40, onde se pode observar os componentes utilizados, a forma de utilização, o envio de dados e sua visualização.

Figura 40 - Esquema protótipo.



Fonte: Autor (2018).

Resumidamente, o microcontrolador Arduino coleta os valores da corrente elétrica utilizando o sensor de corrente não invasivo e os valores da tensão utilizando o sensor de tensão. Os dados são recebidos nas portas analógicas do Arduino, onde processa os dados com o objetivo do valor real da corrente e tensão. Após, os dados são enviados por get pelo ESP8266 ao servidor, onde serão armazenados os valores junto ao banco de dados.

Os dados obtidos serão visualizados pelo usuário de forma bem simples, acessando o site da aplicação e efetuando login com seu usuário e senha. Após a autenticação, o usuário terá a sua disposição o gráfico da tensão e corrente elétrica e poderá gerar gráficos históricos dos dados antigos. Após sua utilização, será possível realizar o logout.

5.2.1 Sensor de corrente elétrica

Para facilitar a obtenção da corrente elétrica, e não ser preciso alteração no cenário de captura dos dados, foi utilizado o sensor de corrente não invasivo. Neste caso é preciso apenas o envolvimento do sensor no cabo. Esse sensor possui um transformador de corrente e um resistor de referência, com o valor nominal de entrada 100 A e a saída em corrente variando de 0 a 33mA. No protótipo foi utilizado dois capacitores para deixar estável o circuito e criar uma referência estável, devido o ponto 0 do sensor de corrente ser metade da alimentação que no caso é 5V, sendo 2,5V o seu 0. O sinal sai do sensor em corrente, fazendo com que o circuito transforme em tensão, para conseguir utilizar a porta analógica do Arduino, que, com

esse sensor, a saída da corrente tem relação de 50 vezes menor da entrada. Para processamento dos dados o Arduino utiliza a biblioteca EmonLib.

5.2.2 Sensor de tensão

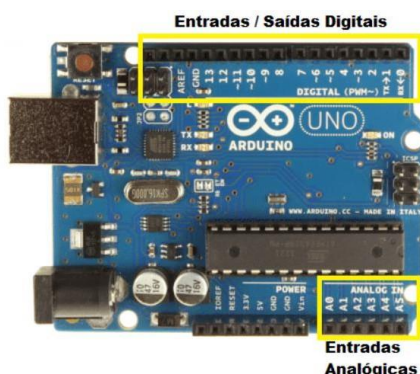
Para a coleta da tensão da rede elétrica foi utilizado o sensor de tensão ZMPT101B, que possui na sua placa um transformador que é capaz de medir até 250 V AC. Esse sensor possui um trim de várias voltas de potenciômetro para ajustar a saída do ADC. Ao contrário do sensor de corrente, em que a escala é fornecida pelo fabricante, nesse sensor a escala deve ser aparada e calibrada pelo usuário. A tensão de entrada desse sensor é uma relação linear com o valor ADC, em que temos a corrente 1~2 mA, tendo 250 V a tensão de corte. As vantagens desse sensor seria alta precisão, pequeno erro de fase, alta tensão de saída e capacidade de carga forte.

A calibração do sensor deve ser feita antes do seu uso para a obtenção de dados de forma correta com a menor taxa de erro. Essa calibração é efetuada em cima de 3 fatores, a taxa de transferência do transformador de corrente, o valor do resistor de carga e a precisão com que a tensão de carga é medida. A calibração foi realizada utilizando um multímetro, e comparando com os valores informados pela leitura da porta analógica do Arduino, alterando nas fórmulas que fazem os cálculos da biblioteca EmonLib importada no projeto do Arduino.

5.2.3 Arduino UNO

O microcontrolador utilizado foi o Arduino UNO, que se caracteriza por ser uma placa mais robusta, que possui 14 pinos de entrada / saída digital, em que 6 podem ser usadas como saídas PWM. No Arduino UNO, encontram-se seis entradas analógicas, um cristal de quartzo de 16 MHz, entrada para conexão USB, conector de energia, botão reset, entre outros. Para a conexão do sensor de corrente foi utilizado a porta analógica A0 e no sensor de tensão foi utilizado a porta analógica A1, para obtenção dos dados das leituras. Já para o ESP8266 foi utilizado as portas digitais 2 e 3 do Arduino para o Rx e Tx. O Tx do Arduino precisa passar por 2 resistores de 10 K para baixar a tensão de 5 V para 3,3 V, para assim ficar compatível ao ESP8266. Na Figura 41, pode-se observar a localização das portas lógicas e digitais que foram usadas do Arduino UNO.

Figura 41 - Portas utilizadas Arduino UNO.



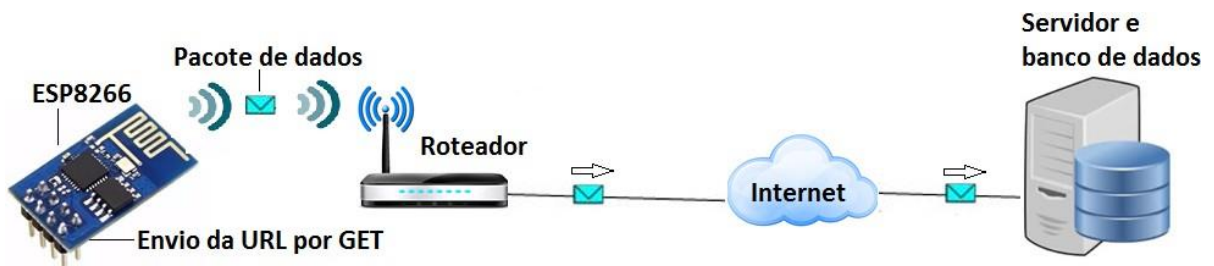
Fonte: (<https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>).

5.2.4 ESP8266

Para comunicação do Arduino e o banco de dados optou-se pela utilização de um módulo sem fio, ao invés da utilização de cabos físicos, facilitando, de modo geral, o local de aplicação do protótipo. O módulo utilizado foi o ESP8266 que suporta as redes 802.11 b/g/n. Esse módulo possui pilhas de protocolos TCP/IP integrados, que podem acordar e transmitir pacotes em menos de 2 ms. Além disso, esse módulo possui CPU de 32 bits de baixa potência integrada, que pode também ser usado como processador de aplicativos. Devido a ESP8266 possuir alimentação de 3,3 V, foi preciso pegar a alimentação do Arduino de 9 V e utilizar um regulador para baixar a 5 V. Essa saída passa por dois diodos em série para chegar nos 3,3 V esperados. Foi utilizado um resistor para deixar o RST e CH_PD ativo.

O ESP8266 está conectado à rede local da residência, utilizando autenticação no roteador da residência para ficar conectado a rede Wi-Fi local e ter acesso à internet para conseguir enviar os dados ao servidor. O pacote de dados dos registros obtidos pelos sensores conectados à rede elétrica, são enviados por protocolo HTTP ao servidor, neste processo o ESP8266 envia por GET uma URL com os parâmetros da corrente elétrica, da tensão elétrica e potência aparente. Estes dados são recebidos por uma página em java que se encontra no servidor, que realiza a inserção dos dados no banco de dados que está alocado no servidor, na Figura 42 pode se observar o envio de pacotes de dados ao servidor.

Figura 42 - Envio dos dados.



Fonte: Autor (2018).

5.2.5 Servidor e banco de dados

A base de dados do projeto foi desenvolvida pensando na sua utilização de forma individual, não levando em conta o monitoramento de diferentes usuários na mesma aplicação. A base de dados se divide em três tabelas, sendo duas de dados dos pontos monitorados, em que se tem o número de registro do dado daquele ponto, o valor da corrente elétrica, o valor da tensão elétrica, a potência aparente e a data e hora da captura do dado. Cada tabela de dados é responsável pelo armazenamento de um ponto monitorado, devido ser monitorado dois pontos, existe duas tabelas de dados. A tabela de usuário vai armazenar o id do usuário, seu nome, seu login e a senha de acesso para autenticação na aplicação *web*. Na Figura 43 está descrito as tabelas criadas para utilização no projeto.

Figura 43 - Tabelas banco de dados.



Fonte: Autor (2018).

O servidor da aplicação *web* foi desenvolvido em linux, utilizando o Apache Tomcat e está hospedado no Google Cloud, para melhorar o acesso do usuário, podendo visualizar os

dados de qualquer lugar, não apenas localhost. Nesse servidor ficou hospedado o arquivo Energy-Monitor.war proveniente da aplicação *web*, e a base de dados utilizada no projeto.

5.2.6 Exibição dos resultados

Os resultados obtidos na captura dos sensores serão exibidos na tela de gráficos da aplicação principal, podendo ser visualizada por dispositivo mobile ou desktop. Esses resultados serão visualizados em forma de gráficos, sendo marcado por pontos e linhas cada ponto monitorado, tendo como eixo x o tempo e o eixo y os valores medidos.

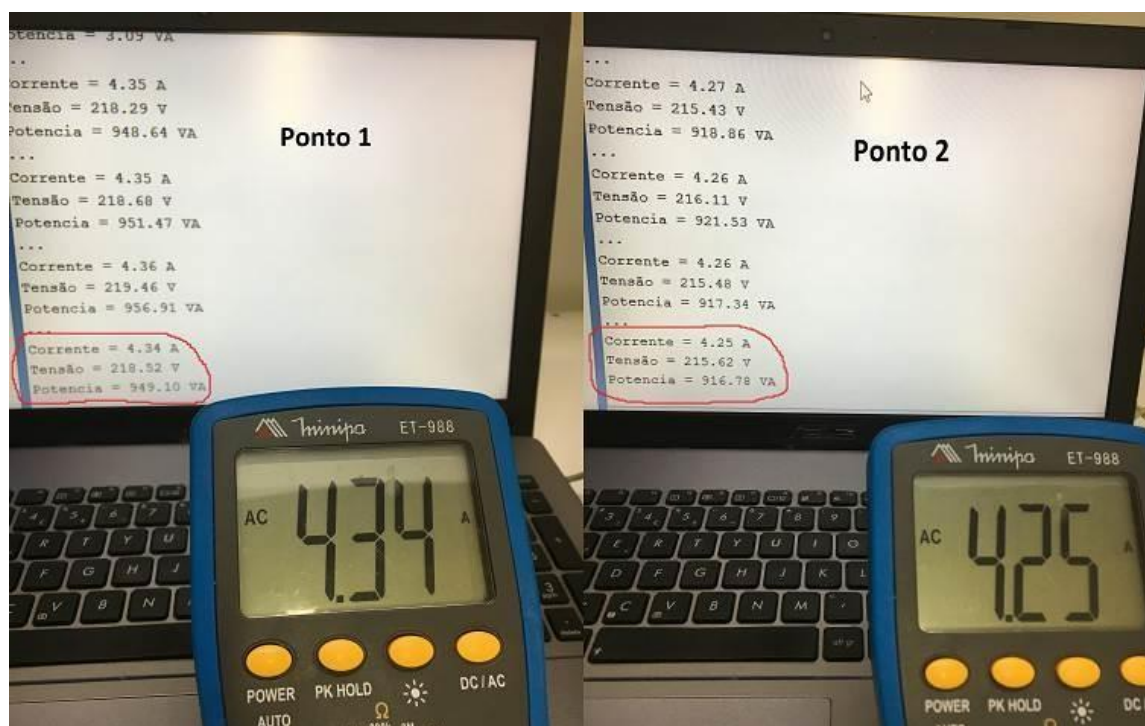
Nas subseções abaixo é apresentado os resultados obtidos com as coletas de dados realizados pelos sensores, juntamente com o processamento destes dados pelo hardware e a visualização final feita pela aplicação *web*. Também é mencionado as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento e realização deste trabalho e as soluções encontradas.

5.3 Validação dos dados obtidos

Essa fase de testes tem o objetivo de validar os resultados obtidos pelos sensores de corrente elétrica e de tensão elétrica. Nessa validação foi utilizado o valor obtido pelo multímetro, que foi comparado junto ao valor informado pelo sensor junto ao Arduino, comprovando que em ambos está dando o mesmo valor e que os valores obtidos estão corretos.

A validação da corrente elétrica no ponto 1 e no ponto 2, ocorre com a medição por multímetro no mesmo cabo onde está o sensor de corrente, como visualizado na Figura 44.

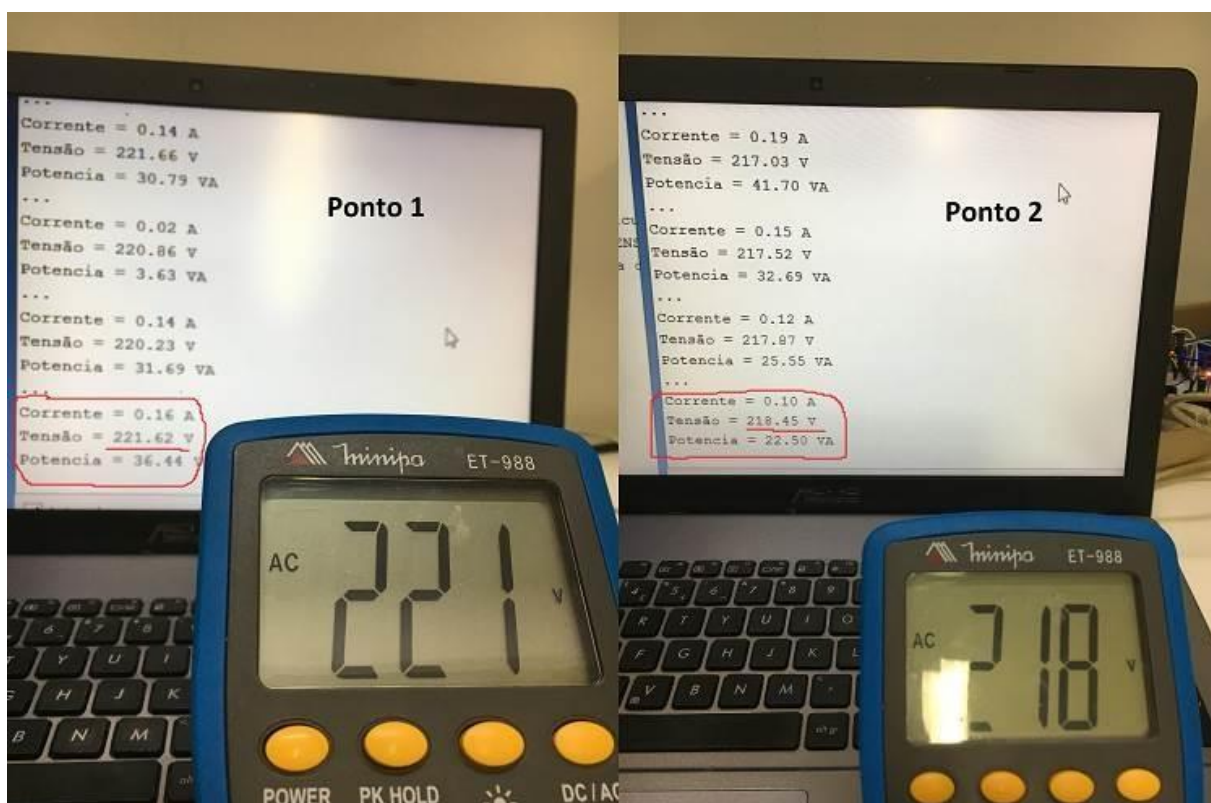
Figura 44 - Validação sensor de corrente elétrica.



Fonte: Autor (2018).

A validação da tensão elétrica no ponto 1 e no ponto 2, ocorre com a medição por multímetro no plug de tomada, onde está conectado sensor, como visto na Figura 45.

Figura 45 - Validação sensor de tensão elétrica.

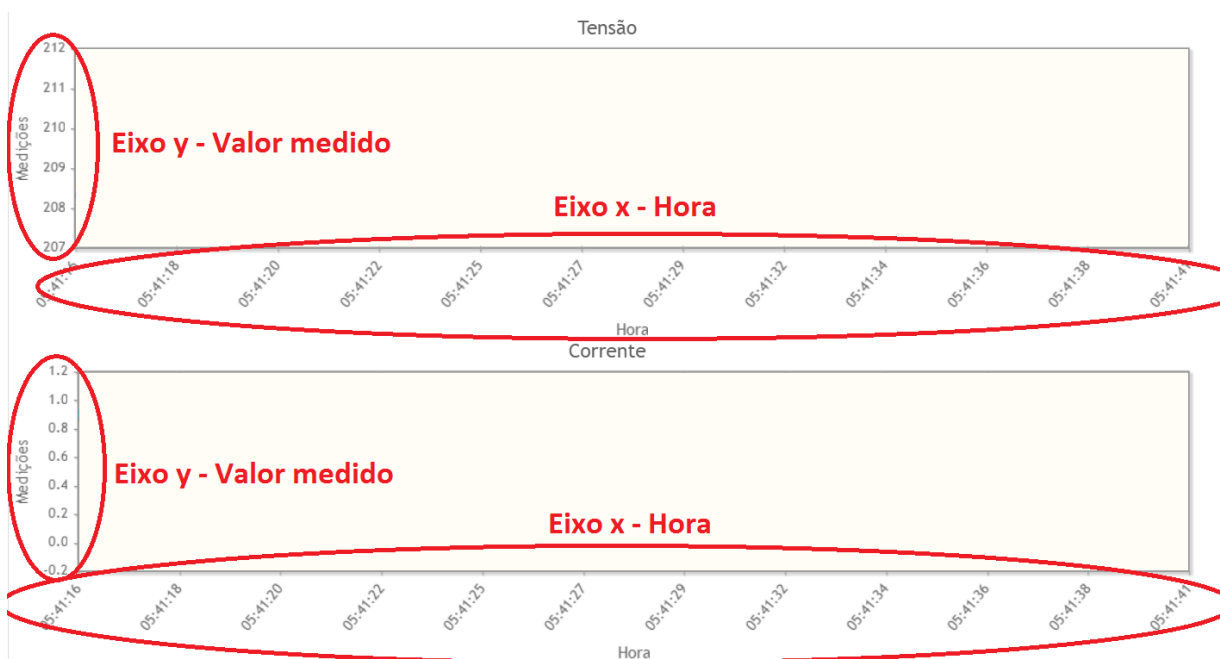


Fonte: Autor (2018).

5.4 Visualização aplicativo web

A visualização dos dados obtidos será feita a partir do navegador de internet. O desenvolvimento foi feito em cima do Chrome, então aconselho o uso do mesmo navegador ao usuário. Utilizando o navegador, o usuário irá acessar a aplicação web, em que no campo Gráficos irá ser exibido os dados em tempo real, com atualização dos dados a cada 10 segundos. Na Figura 46 pode-se perceber que o eixo y está definido com os valores medidos e no eixo x o horário da captura do dado.

Figura 46 - Gráficos em tempo real.



Fonte: Autor (2018).

5.5 Relatórios

Todos dados obtidos pelos pontos monitorados serão armazenados no banco de dados. Após a visualização dos gráficos em tempo real, o usuário poderá visualizar estes dados de outra forma. A maneira disponibilizada para visualização dos dados históricos é por meio de relatórios que geram arquivos na extensão PDF, sendo disponível para o usuário dois tipos de relatórios para cada ponto monitorado, que no caso pode ser o ponto 1 ou 2. Um tipo de relatório disponível seria o de todos dados obtidos por aquele ponto, ou o relatório por período, em que o usuário define a data do período e gera o relatório com apenas os dados daquele período informado. Na Figura 47 está representada a forma de gerar relatório geral e o modelo do relatório, já na Figura 48 está representada a forma de gerar relatório por período e seu modelo de relatório.

Figura 47 - Gerar relatório geral.

Relatórios ✕

Relatório Geral:

Realizar relatório de todos dados armazenados? ☒ Gerar

Relatório Energy Monitor

Data do relatório: 13/06/18 22:53



Página 1 de 3

Código	Data leitura	Corrente elétrica	Tensão elétrica	Potência aparente
1	Valores	Valores	Valores	Valores
2				

Fonte: Autor (2018).

Figura 48 - Gerar relatório por período.

Relatórios ✕

Dados:

Data inicial: * 📅

Data final: * 📅

☒ Gerar ☐ Limpar

Relatório Energy Monitor

Data do relatório: 13/06/18 23:25



Página 1 de 3

Período: 01/05/2018 A 31/05/2018

Código	Data leitura	Corrente elétrica	Tensão elétrica	Potência aparente
1	Valores	Valores	Valores	Valores
2				

Fonte: Autor (2018).

5.6 Verificação da variação da rede

Com a visualização dos dados por meio de gráficos em tempo real pela aplicação *web*, fica visivelmente perceptível a variação da rede elétrica. Devido ao gráfico ser em tempo real, esse ponto observado com variação vai sair do campo gráfico, então vai ser preciso estudar o relatório daquele período. Na Figura 49 está circulado um local com variação do ponto 1 para o ponto 2 no gráfico da aplicação *web*. Já na Figura 50, está circulada essa mesma variação no relatório, para demonstrar que a verificação de variação da energia pode ser feita de diferentes modos.

Figura 49 - Variação no gráfico.



Fonte: Autor (2018).

Figura 50 - Variação no relatório.

4920	13/06/2018 01:50:43	0.56	211.72	118.92	P1
4921	13/06/2018 01:50:44	0.56	210.70	118.21	
4922	13/06/2018 01:50:45	0.55	211.78	117.53	
2727	13/06/2018 01:50:43	0.06	210.00	12.02	P2
2728	13/06/2018 01:50:44	0.05	210.00	11.55	
2729	13/06/2018 01:50:46	0.05	210.00	11.42	
4923	13/06/2018 01:50:47	0.56	211.83	118.52	P1
4924	13/06/2018 01:50:48	0.55	212.78	117.97	
4925	13/06/2018 01:50:49	0.55	211.64	117.29	
2730	13/06/2018 01:50:47	0.06	210.00	11.97	P2
2731	13/06/2018 01:50:48	0.06	211.00	11.81	
2732	13/06/2018 01:50:50	0.06	210.00	11.73	

Fonte: Autor (2018).

5.7 Cenário de atuação

Para realizar o monitoramento da rede elétrica e identificar possíveis falhas, picos ou mau dimensionamento da rede residencial, foi estabelecido alguns cenários de atuação do monitoramento. Os pontos de monitoramento da rede elétrica em cada cenário foi o mesmo, sendo o ponto 1 (em azul no gráfico) na caixinha de luz, onde entra a energia elétrica na residência e o ponto 2 (em laranja no gráfico) monitorado ficará dentro da residência em alguma tomada, sendo importante ressaltar que a corrente medida no ponto 2 é referente a corrente naquela tomada. Para verificar de forma melhor a variação da rede, foi observado os gráficos da aplicação *web*.

5.7.1 Cenário baixo

O cenário baixo consiste no monitoramento da rede elétrica em sua fase de baixo consumo, apenas utilizando aparelhos de consumo baixo de energia. Neste cenário pode-se observar, se em consumo baixo de energia a rede se comporta bem, verificando se algum aparelho está prejudicando a rede elétrica, ou se a rede possui picos ou muita diferença nos valores de cada ponto monitorado mesmo em baixo consumo.

No cenário baixo foi observado estabilidade na rede elétrica, em que ela se manteve estável e com pouca diferença entre os valores medidos nos pontos. Na Figura 51 é possível visualizar a estabilidade da rede, que se manteve sem variações significativas.

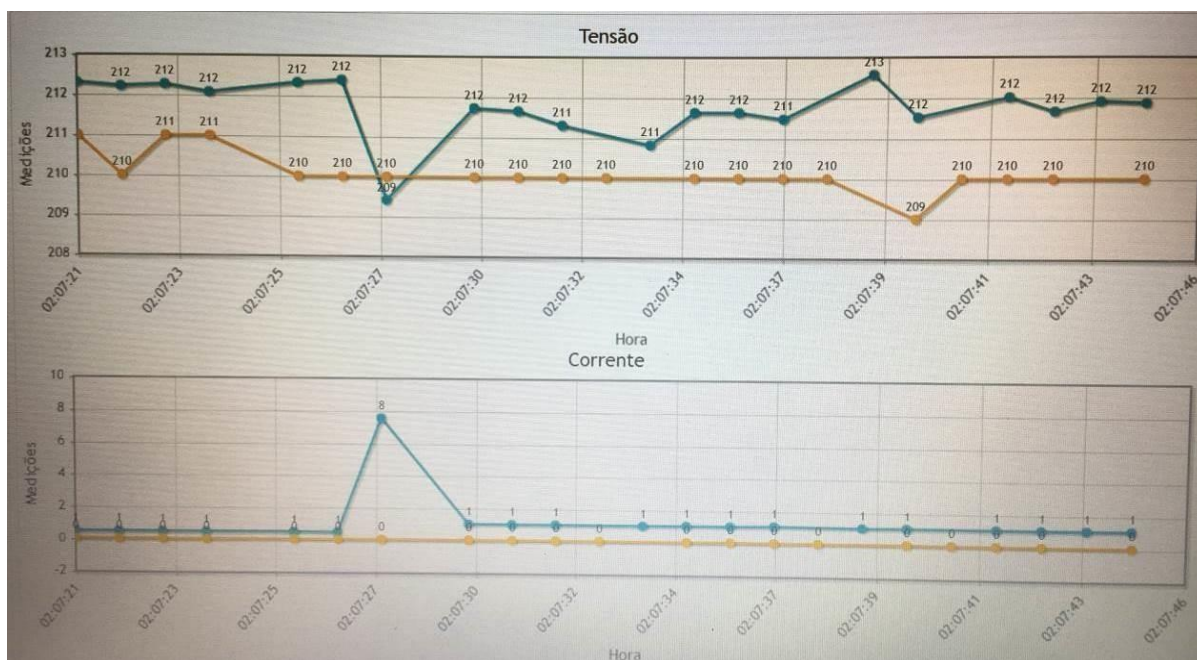
Figura 51 - Gráfico cenário baixo estável.



Fonte: Autor (2018).

Durante a verificação do cenário baixo foi perceptível a alteração na rede quando o motor da geladeira é acionado, gerando uma queda de tensão no ponto 1 e consequentemente um aumento na corrente elétrica. Após o acionamento da geladeira, a rede elétrica voltou a ficar estável, como pode ser observado na Figura 52.

Figura 52 - Gráfico cenário baixo alteração.



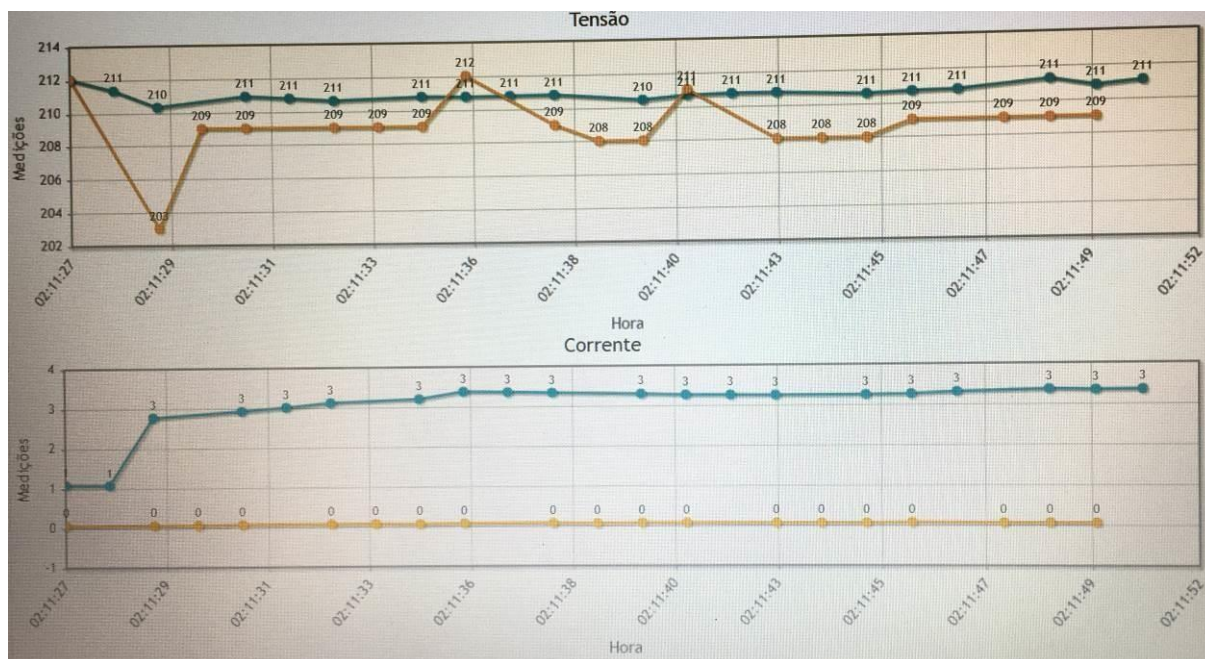
Fonte: Autor (2018).

5.7.2 Cenário intermediário

O cenário intermediário consiste no monitoramento da rede elétrica quando estiver em consumo médio de energia elétrica, utilizando alguns aparelhos de maior consumo. Neste cenário pode-se observar se o aumento do consumo da rede elétrica fará com que a mesma se comporte da mesma forma que anteriormente, sem causar desequilíbrio ou ruídos na rede elétrica.

No cenário intermediário foi observado novamente uma queda de tensão ao ligar um aparelho de maior consumo, ocasionando um aumento na corrente elétrica. A rede se normalizou após alguns segundos, se mantendo novamente estável e com baixa variação entres os pontos, como visto na Figura 53.

Figura 53 - Gráfico cenário intermediário estável.



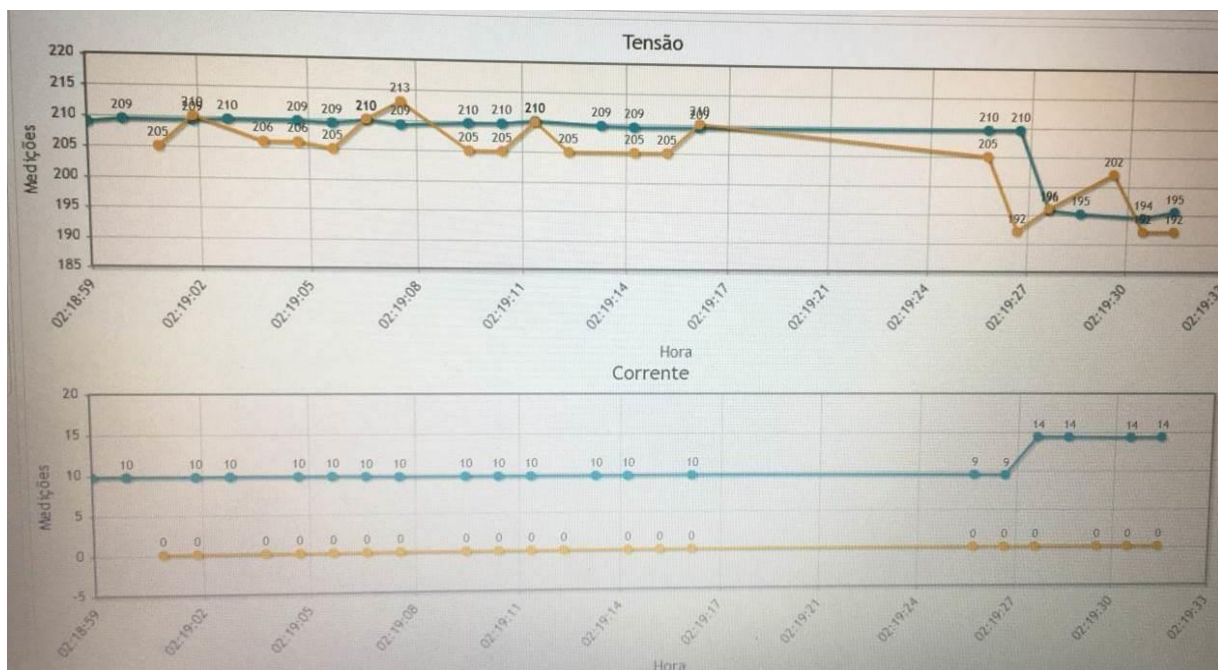
Fonte: Autor (2018).

5.7.3 Cenário máximo

O cenário máximo consiste no monitoramento da rede elétrica quando o consumo da rede elétrica estiver bem alto, utilizando os aparelhos de maior consumo residencial. Neste cenário é observado o comportamento da rede elétrica em alto consumo, para a percepção de possíveis falhas na rede elétrica.

No cenário máximo foi observado as maiores alterações e oscilações na rede monitorada, muitas delas geradas ao ligar o chuveiro. Neste cenário foi ligado à rede os aparelhos de maior consumo, sendo eles o chuveiro e ares-condicionados, além dos itens já ligados nos testes anteriores. Na Figura 54 pode-se observar que antes do acionamento do chuveiro, a rede estava com uma corrente maior, mas sua tensão permanecia com alteração entre pontos, menos significativa. Ao ligar o chuveiro, o consumo da corrente elétrica dispara e, consequentemente, a tensão cai, mas numa forma significativa.

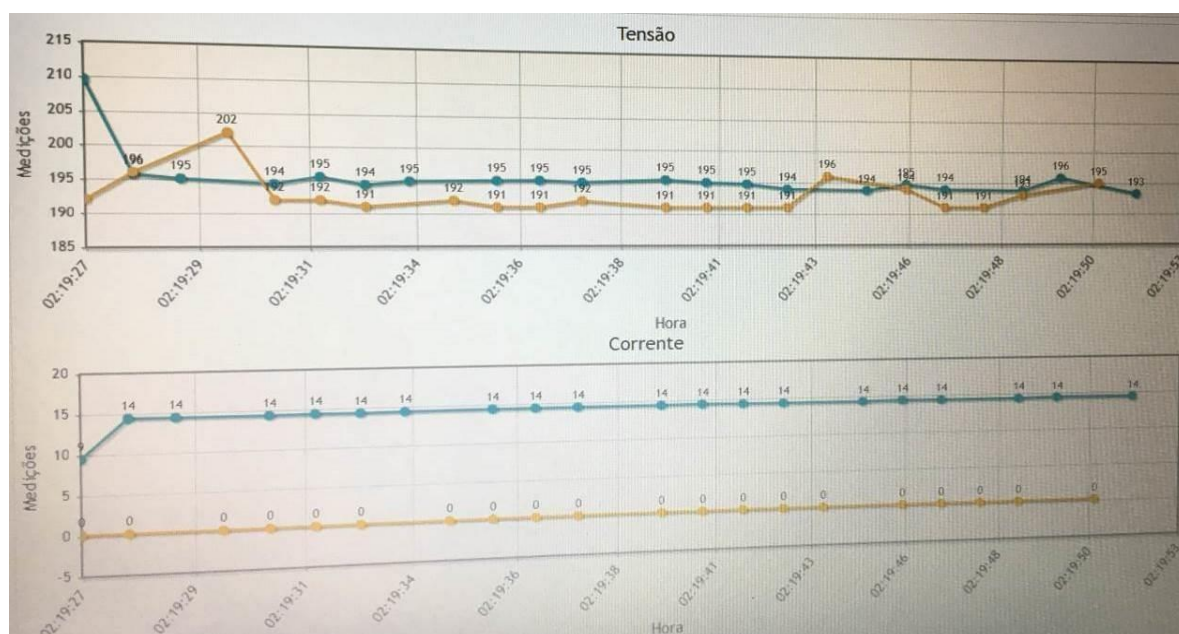
Figura 54 - Gráfico cenário máximo início.



Fonte: Autor (2018).

Durante o cenário máximo foi possível observar que a tensão durante a utilização do chuveiro ficou estável após uns instantes, mas bem baixa, comparando aos cenários anteriores, como se pode observar na Figura 55.

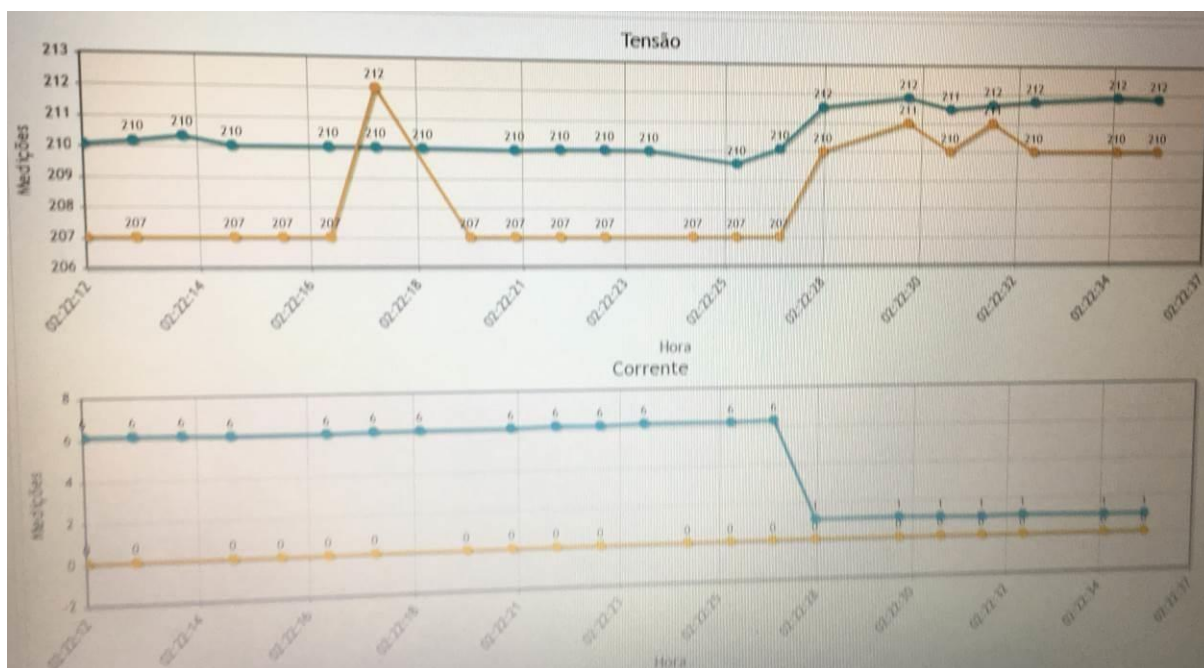
Figura 55 - Gráfico cenário máximo estabilidade.



Fonte: Autor (2018).

Após finalizar os testes, foram desligados os aparelhos de maior consumo, para observar a normalização da rede elétrica. Na Figura 56 pode-se observar que, ao desligar os aparelhos, a rede elétrica volta a sua tensão do início dos testes e sua corrente elétrica despenca. Após alguns segundos, está tudo normalizado.

Figura 56 - Gráfico cenário máximo normalizando.



Fonte: Autor (2018).

5.7.4 Cenário Normal

O cenário normal consiste no monitoramento diário da rede elétrica, de acordo com a utilização necessária do usuário da residência. Neste cenário será monitorado a residência de forma normal, sem a realização de testes, apenas visualização dos dados obtidos e a identificação de possíveis alterações.

No cenário normal foram observados os dados pelo relatório, em que se pode perceber pouca variação na rede, apenas picos de energia em períodos que foram ligados aparelhos de maior consumo, como máquina de lavar, chuveiro, secador de cabelo, entre outros. A rede elétrica se manteve estável em grande parte do tempo.

Ao monitorar a rede elétrica residencial, pode-se observar que, na entrada de energia da residência, a tensão da corrente não equivale a 220 V, como esperado. Essa tensão mais baixa

pode ter influência das outras residências que estão ligadas na mesma rede ou outros fatores externos. Na Figura 57 está descrito os limites de tensão disponibilizados pela companhia de energia.

Figura 57 - Limites de tensão companhia.

LIMITE DE TENSÃO (volts)		
Nominal	Limite Inferior	Limite Superior
115	106	121
120	110	126
127	117	133
220	202	231
230	212	242
240	221	252
380	350	399

Módulo 8 do PRODIST - ANEEL

Informações sobre as condições gerais de fornecimento, tarifas, produtos, serviços prestados e tributos se encontram à disposição nos postos de atendimento e no site www.rgesul.com.br

Autenticação Mecânica

Fonte: Autor (2018).

Algumas pequenas oscilações na leitura dos sensores podem ser justificadas pelas características parasitas que a protoboard apresenta, como por exemplo, a indutância que pode afetar os sinais de alta frequência e a alimentação no circuito do protótipo.

5.8 Custos

A Tabela 5 apresenta os custos de implementação do protótipo desenvolvido nesse trabalho. Nos valores descritos já estão inclusos os impostos cobrados. Como as mercadorias foram compradas dentro do Rio Grande do Sul, o frete foi menor. Os componentes foram adquiridos ao decorrer do trabalho, podendo sofrer alterações posteriormente, sendo até o momento o sensor de corrente o componente com maior custo.

Contudo, a quantidade de componentes pode variar conforme a necessidade do usuário, caso ele precise monitorar mais pontos na residência, podendo encarecer o valor do protótipo.

Tabela 5 - Custos do protótipo.

Tabela de Custos			
Quantidade	Compnente	Valor Unitário	Valor Total
2	Sensor de corrente SCT013	R\$ 36,49	R\$ 72,98
2	Fonte 9V	R\$ 15,49	R\$ 30,98
2	Módulo ESP8266	R\$ 13,50	R\$ 27,00
2	Sensor de tensão ZMPT101B	R\$ 29,75	R\$ 59,50
2	Arduino UNO	R\$ 25,90	R\$ 51,80
2	Protoboard 400 pontos	R\$ 10,00	R\$ 20,00
Frete			R\$ 33,80
Total			R\$ 296,06

Fonte: Autor (2018).

5.9 Dificuldades encontradas

Ao desenvolver um projeto ou protótipo podem surgir alguns problemas ou dificuldades que não eram esperados. No desenvolvimento deste trabalho foram encontrados alguns problemas que não foram mensurados, sendo um dos principais a utilização do módulo ESP8266. Esse módulo possui muitas irregularidades dependendo do firmware instalado, considerando que, pode acontecer de não suprir as necessidades esperadas. O uso dele por comandos AT diretamente, sem o uso de bibliotecas, foi a solução encontrada para minimizar os problemas, quando em alguns momentos são recebidos dados sujos, por causa da instabilidade do ESP8266. Os módulos encontrados no mercado variam muito de qualidade, em que os mesmos módulos podem ter qualidades e firmware distintos, sendo necessária sua atualização para um bom funcionamento.

Outra dificuldade encontrada foi na instalação do equipamento monitorador, devido às residências não serem projetadas com suporte para sistemas monitoradores de energia, o que faz com que sua instalação fique complicada e de difícil acesso aos cabos.

6 CONCLUSÃO

A motivação deste trabalho se deu pela falta de conhecimento da energia fornecida pelas companhias às residências e pela pouca exploração no monitoramento da energia elétrica residencial. Esse objetivo foi alcançado com a implementação de forma acessível ao usuário, com um protótipo versátil e eficaz para usuários residenciais proporcionando uma visão mais nítida da sua rede elétrica residencial.

O referencial teórico apresentou os fundamentos para a instrumentação e utilização dos sensores, juntamente com os conceitos e fundamentações necessárias para o desenvolvimento deste protótipo. Nas ferramentas utilizadas, foi mencionado o fundamento das ferramentas que auxiliaram na elaboração do presente trabalho, e no desenvolvimento do trabalho foi explorado a utilização do trabalho como um todo, descrevendo a forma de utilização de todos componentes e como foi seu funcionamento em modo prático.

Com base nos testes realizados nos diferentes cenários de atuação do protótipo de monitoramento da energia elétrica residencial, foi observado que quando um motor realiza arranque, a tensão elétrica despenca, devido aos motores no seu arranque consumirem até 10 vezes mais que seu consumo nominal, sendo importante a rede suportar esse arranque. Ao ligar o chuveiro, além de dar uma queda na tensão e aumento na corrente elétrica, é possível observar que até esfriar a resistência do chuveiro, ele causa uma perturbação na rede elétrica.

Ao analisar o desempenho da rede, se indica ligar os equipamentos de maior consumo em momentos distintos, pois se ligar todos os equipamentos ao mesmo tempo a rede elétrica pode ficar subdimensionada devido ao alto consumo dos motores de arranque. Ao ocorrer o subdimensionamento da rede elétrica, o disjuntor da residência, responsável por proteger a

rede elétrica para ela não exceder seus limites de consumo, que são definidos particularmente em cada rede elétrica, pode ser desarmado instantaneamente dependendo do retardo do disjuntor. Se o consumo permanecer muito alto sem o desarme do disjuntor, pode ocorrer aquecimento dos fios de forma excessiva, fazendo com que ele desperdice energia em forma de calor. Indica-se, nas residências, a utilização segura dos fios, não ultrapassando os limites do fabricante, pois pode ocasionar derretimento do cabo e curto circuito.

A rede elétrica observada possui algumas variações quando sua tensão cai consideravelmente, após alguns segundos as variações diminuem. A variação de tensão entre os pontos, em alguns casos, é significativa. Essa variação pode ser justificada por problemas na rede, como emendas mal realizadas ou má resistência dos cabos utilizados. Essa perda de energia pode ser calculada subtraindo a tensão do ponto 1 com a do ponto 2, multiplicando pela corrente elétrica do ponto 1, assim teremos a perda de energia. Utilizando esse cálculo, pode-se observar que, a maior perda de energia encontrada nos cenários foi de 50 VA, durante o cenário de maior de consumo da rede elétrica. Ao verificar a rede elétrica também não foi encontrada nenhuma oscilação ocorrida pelo mau funcionamento em algum equipamento ligado à rede. Se caso houvesse alguma suspeita, seria feito a medição do ponto 2 no local em que o equipamento estivesse conectado à rede.

A principal contribuição deste trabalho foi a implementação das aplicações tanto de hardware, quanto da parte *web*, que possibilitaram, de forma integrada, o monitoramento da rede elétrica, como era esperado no desenvolvimento do trabalho.

Como oportunidade de continuação desse trabalho, cita-se a possibilidade de realizar esse monitoramento em mais pontos da residência e tornar o sistema disponível para inúmeros usuários de diferentes residências, tendo cada residência um código e usuário.

REFERÊNCIAS

ABUBAKAR, I. KHALID, S. N.. MUSTAFA, M. W.. SHAREEF, H.. MUSTAPHA, M. **CALIBRATION OF ZMPT101B VOLTAGE SENSOR MODULE USING POLYNOMIAL REGRESSION FOR ACCURATE LOAD MONITORING.** 2006.

Disponível em :<
https://www.researchgate.net/profile/Mamunu_Mustapha/publication/316636029_Calibration_of_ZMPT101B_voltage_sensor_module_using_polynomial_regression_for_accurate_load_monitoring/links/5a13d4a20f7e9b1e5730a48d/Calibration-of-ZMPT101B-voltage-sensor-module-using-polynomial-regression-for-accurate-load-monitoring.pdf> Acesso 20 mar. 2018.

ACHÃO, Carla da Costa Lopes. **Análise da Estrutura de Consumo de Energia pelo Setor Residencial Brasileiro.** 2003. Disponível em :<
<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/cclachao.pdf>> Acesso 05 mar. 2018.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 2008. Disponível em :< <http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/cclachao.pdf>> Acesso 10 mar. 2018.

CANESIN, Carlos Alberto. **Qualidade da Energia Elétrica, Eficiência e Racionalização, Desperdício versus Desconhecimento.** 2001. Disponível em :<
<http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/mehl/posgrad/ArtigoCanesin.pdf>> Acesso 05 mar. 2018.

Cidade de Tucuruí. Material Online. Disponível em :<
http://cidadedetucuruui.com/inicio/usina_hidreletrica_tucuruui/USINA_HIDRELETRICA_TUCURUI.htm>,2006. Acesso em: 05 out. 2017.

CARMISINI, Andrey. VAHLICK, Adilson. **Comparativo entre frameworks de JavaServer Faces: Apache Tobago, PrimeFaces e RichFaces**. 2012. Disponível em :<
<http://www.academia.edu/download/31390019/2889-7402-1-PB.pdf>> Acesso em: 11 out. 2017.

CHEMIN, Beatris Francisca. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação e como redigir e apresentar um trabalho científico**. Lajeado, Univates, 2015.

DE AZEVEDO, Fernando Araujo. **Otimização de Rede de Distribuição de Energia Elétrica Subterrânea Reticulada através de Algoritmos Genéricos**. 2010. Disponível em :<
<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24884/DISSERTACAO%20FERNANDO%20AZEVEDO%202010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 28 out. 2017.

DE COL, Adriane. NESELLO, Fabio Adriano. **Aplicativo Web com JSF 2.0 e PrimeFaces para Gerenciamento de Requisitos de Software**. 2013. Disponível em :<
<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2016>> Acesso em: 21 out. 2017.

DECKMANN, Sigmar Maurer. POMILIO, José Antenor. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica**. 2017. Disponível em :<
<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/qualidade/a1.pdf>> Acesso em: 24 set. 2017.

DE OLIVEIRA, Sérgio. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. Novatec Editora, 2017.

DE SOUZA, Angela Cristina Rocha. CORRÊA, Maria Iraê de Souza. DE MORAES, Ionete Cavalcanti. FERNANDES, Laura Maria Abdon. DA SILVA, Julieny Amorim Ferreira. **Significados Associados à Internet das Coisas no Brasil à Luz da Construção Social da Tecnologia**. 2016. Disponível em :<
<http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=7ace1229-c347-4793-8019-23226b3d123b%40sessionmgr104&bdata=Jmxhbm9cHQYnImc2l0ZT1lZHMtbGl2ZS5y29wZT1zaXRl#AN=116272675&db=afh>> Acesso em: 11 out. 2017.

DE SOUZA, Jessica. TATSCH, Daniel Trevisan. CASAGRANDE, Jorge Henrique Busatto. **Sistema de Monitoração Inteligente Para Chuveiro Residencial Utilizando “Internet Das Coisas”**. 2017. Disponível em :<

<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/10606/5952>> Acesso em: 20 fev. 2017.

FARIA, Thiago. **Java EE 7 com JSF, PrimeFaces e CDI**. AlgaWorks Softwares, Treinamentos e Serviços Ltda. 2013. Disponível em :< <http://docente.ifrn.edu.br/fellipealeixo/disciplinas/tads-2012/desenvolvimento-de-sistemas-corporativos/book/book-jsf-3.pdf>> Acesso em: 11 out. 2017.

FONTES, Marcos José de Carvalho. **Automação de Sensores de Corrente Elétrica**. 2013. Disponível em :< <http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/4912/1/20075673.pdf>> Acesso em: 30 out. 2017.

GALEGALE, Gustavo Perri. SIQUEIRA, Érica. SILVA, Carolina Bertolucci Hilário. SOUZA, Cesar Alexandre de. **Internet das Coisas Aplicada a Negócios – Um Estudo Bibliométrico**. 2016. Disponível em :< <http://www.jistem.fea.usp.br/index.php/jistem/article/viewFile/10.4301%25S1807-17752016000300004/616>> Acesso 15 out. 2017.

GEREMIAS, Thiago. SANTOS, Pedro Henrique da Silva. ROSA, Mario Marcio Figueiredo. SILVA, Thalita Bento da. **A internet das coisas: será a internet do futuro ou está prestes a se tornar a realidade do presente?** 2015. Disponível em :< <http://www.fumec.br/revistas/eol/article/view/2961>> Acesso em: 23 set. 2017.

GOLDEMBERG, José. LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil**. 2007. Disponível em :< <http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a02v2159.pdf>> Acesso em 20 ago. 2017.

GOMES, Christine Helene. GOMES, Cynthia Criswall Mendonça. TAGLIARI, Simone de Lima. **Sistema Supervisório para Acompanhamento de Consumo de Energia Elétrica Residencial**. 2016. Disponível em :< http://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2015_1_04/2015_1_04_final.pdf> Acesso em: 31 out. 2017.

GONÇALVES, Odair Dias. DE AZEVEDO, Ivan Pedro Salati. **A energia nuclear**. Ciência hoje, v.37. 2005. Disponível em :< http://pessoal.educacional.com.br/up/4660001/6249852/artigo_4_Nuclear_Radiation.pdf> Acesso em: 30 out. 2017.

GORLA, João Paulo Ferro. FOSCHINI, Ivan João. **Arquitetura para Desenvolvimento Web Baseado em JSF 2.0 utilizando Padrões de Projeto**. 2013. Disponível em :<

<http://www.revistatis.dc.ufscar.br/index.php/revista/article/view/68>> Acesso em: 21 out. 2017.

KALITA, M. GOGOI, R. BEZBORUAH T. **A Java Approach for Implementing Organizational Information System on NetBeans Integrated Development Environment**. 2010. Disponível em :< <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=050ce946-aff6-4e44-8761-a1fbec6714dd%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbmc9cHQtYnImc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=edsbas.ftdoajarticles.oai.doaj.org.article.752a5203aba1492db60fe85c2509a3d0&db=edsbas>> Acesso em: 20 out. 2017.

LAVEZZO, César Augusto Lotti. **Fontes de Energia**. 2016. Disponível em :< http://www.unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2016/012_fontes_energia.pdf> Acesso em: 21 out. 2017.

LEMO, André Luiz Martins. RODRIGUES, Leonardo Pastor Bernardes. **Internet das coisas, automatismo e fotografia: uma análise pela Teoria Ator-Rede**. 2014 Disponível em :< <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistafamecos/article/view/18114/12574>> Acesso em: 20 out. 2017.

LUCKOW, Décio Heinzelmann. DE MELO, Alexandre Altair. **Programação Java para a WEB**. Novatec Editora, 2010.

MACHADO, Fernanda. RUSCHEL, Regina. **A integração de BIM e IoT com ênfase em energia na fase de Operação e Manutenção da edificação**. 2017. Disponível em :< https://www.researchgate.net/publication/321867585_A_integracao_de_BIM_e_IoT_com_enfase_em_energia_na_fase_de_Operacao_e_Manutencao_da_edificacao> Acesso 10 mar. 2018.

MEHL, Ewaldo LM. **Qualidade da energia elétrica**. 2012. Disponível em :< http://www.academia.edu/download/36984290/qualidade-energia_1_.pdf> Acesso em: 20 out. 2017.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: Começando com Sketches, 2nd edição**. São Paulo. Bookman, 2017.

NUNES, Jerónimo. **Da Internet para as Pessoas à Internet das Coisas**. 2016. Disponível em :< <https://repositorio.uac.pt/handle/10400.3/4205>> Acesso em: 11 out. 2017.

OLIVEIRA, Cláudio Vieira. ZANETTI, Humberto Piovesana. **Arduino Descomplicado – Como Elaborar Projetos de Eletrônica**. São Paulo. Érica, 06/2015.

PEREIRA, Jorge. BATISTA, Thais. CAVALCANTE, Everton. SOARES, Bárbara Gabriella. ALVES, Maila. **Uma Solução de IoT para Uso Eficiente de Energia Elétrica em Prédios Inteligentes**. 2016. Disponível em :< <http://smartmetropolis.imd.ufrn.br/workshops/2016/papers/ST1-11.pdf>> Acesso em: 23 set. 2017.

ROVERE, Rodrigo Lisboa Della. **Protótipo de um Sistema Inteligente de Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica de uma Residência**. 2016. Disponível em :< file:///C:/Users/Alan/Downloads/Rovere_Rodrigo_Lisboa_Della_tcc.pdf> Acesso em: 31 out. 2017.

SANTOS, Paulo Roberto dos. **Avaliação da demanda e consumo de energia elétrica em apartamentos residenciais: o caso da cidade de Campinas – SP**. 2006. Disponível em :< <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258226>> Acesso em: 10 out. 2017.

SANTOS, Pedro Miguel Pereira. **Internet das coisas: O desafio da privacidade**. 2016. Disponível em :< <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/17545>> Acesso em: 10 out. 2017.

SEGUNDO, Ramon Temporim de Lacerda. MORAIS, Rodrigo da Silva. **Arduino e módulo ESP8266**. 2018. Disponível em :< <http://repositorio.uniceub.br/handle/235/11361>> Acesso em: 10 out. 2017.

SILVA, Luciano Fernandes. CARVALHO, Luiz Marcelo. **A Temática Ambiental e o Ensino de Física na Escola Média: Algumas Possibilidades de Desenvolver o Tema Produção de Energia Elétrica em Larga Escala em uma Situação de Ensino**. 2002. Disponível em :< http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172002000300012&script=sci_arttext&tlng=es> Acesso em: 31 out. 2017.

SIQUEIRA, Wallace Vilas Boas. **O microcontrolador Arduino como uma central de monitoramento de consumo de energia elétrica**. 2014. Disponível em :< http://www3.ifmg.edu.br/site_campi/v/TCCwallace.pdf> Acesso em: 31 out. 2017.

TOLEDO, Luis Marcio Arnaut de. **Uso de energia elétrica em edifícios públicos e comerciais de Florianópolis**. 1995. Disponível em :<

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/76349/99791.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 30 out. 2017.

VELASCO, Giuliana Del Nero. LIMA, Ana Maria Liner Pereira. DO COUTO, Hilton Thadeu Zarate. **Análise Comparativa dos Custos de Diferentes Redes de Distribuição de Energia Elétrica no Contexto da Arborização Urbana**. 2006. Disponível em :<
<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n4/31690>> Acesso em: 31 out. 2017.

VICHI, Flavio Maron. MANSOR, Maria Teresa Castilho. **Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial**. 2009. Disponível em :<
<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/12309>> Acesso em: 24 set. 2017.

ZAMBON, Eduardo. **Otimização de índices de confiabilidade em redes de distribuição de energia elétrica**. 2006. Disponível em :<
http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6423/1/dissertacao_ez%5b1%5d.pdf> Acesso em: 28 out. 2017.